

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»



Т.Б. Шилович

УТИЛІЗАЦІЯ УПАКУВАНЬ

Навчальний посібник з навчальної дисципліни

*Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для студентів,
які навчаються за спеціальністю 131 – «Прикладна механіка»,
спеціалізацією «Інжиніринг, комп'ютерне моделювання
та проектування обладнання пакування»*

(денна форма навчання)

КПІ ім. Ігоря Сікорського
2018

УДК 628.47

Утилізація упакувань: Навчальний посібник з навчальної дисципліни [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. що навчаються за програмою підготовки магістрів з галузі знань 13 – Механічна інженерія; спеціальності 131 – «Прикладна механіка», спеціалізації «Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання пакування»/ Т.Б. Шилович ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,95 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – **51** с.

Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 9 від 24.05.2018 р.) за поданням Вченої ради інженерно-хімічного факультету (протокол № 4 від 23.04.2018 р.)

Електронне мережне навчальне видання

УТИЛІЗАЦІЯ УПАКУВАНЬ

Навчальний посібник з навчальної дисципліни

Укладач: *Шилович Тетяна Борисівна, канд. техн. наук, доц.*

Відповідальний редактор *Гондляр Олександр Володимирович, д.т.н., професор*

Рецензенти: *Черьопкіна Р.І., канд. техн. наук, доц.*

Призначення навчального посібника – представлення основного теоретичного програмного матеріалу з дисципліни. Посібник складається з 9 розділів, кожен з яких присвячений окремій темі дисципліни. Розділи містять таблиці, рисунки та схеми, які пояснюють роботу обладнання та технологічних ліній для сортування, збагачення, переробки та утилізації відходів. Розглянуто джерела утворення відходів упакувань, властивості відходів, основні методи поводження з відходами, принцип роботи основного обладнання, яке застосовується для сортування та переробки відходів упакувань. Наведено відомості про міжнародну та українську законодавчу базу про поводження з відходами. У кінці навчального посібника наведено перелік посилань на літературу до усіх тем.

© Т. Б. Шилович, 2018
© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018

ЗМІСТ

Стор.

Вступ	
1 Відходи. Утворення. Основні відомості про ТПВ	
1.1 Упаковка і оточуюче середовище	4
1.2 Темпи виробництва упаковки	6
1.3 Загальні відомості про відходи споживання, їх види та утворення	7
1.4 Ситуація з утворенням ТПВ в Україні	10
1.5 Фізичні властивості та склад ТПВ	13
2 Класифікація упаковки та основні матеріали, що підлягають утилізації	
2.1 Класифікація упаковки	15
2.2 Основні види матеріалів, що піддаються утилізації	16
3 Основні методи поводження з твердими побутовими відходами	
3.1 Захоронення	18
3.2 Анаеробне ферментування твердих побутових відходів	19
3.3 Сортивання побутових відходів	20
3.4 Спалювання	22
3.5 Піроліз	25
3.6 Принципи комплексного управління відходами. Ієрархія управління відходами	26
4 Міжнародні угоди про боротьбу зі зміною клімату. Законодавчі акти, програми екологічної сертифікації та екологічне маркування	
4.1 Кіотський протокол та Паризька угода	28
4.2 Програми екологічної сертифікації	29
4.3 Законодавство України щодо поводження з відходами	33
5 Сортивання та збагачення відходів, що переробляються	
5.1 Процес сортування ТПВ (європейський досвід)	34
5.2 Основні способи виділення утильних компонентів	36
6 Основні види обладнання для збору та утилізації побутових відходів	
6.1 Преси та дробарки	36
6.2 Обладнання для переробки ТПВ	38
7 Обладнання та способи розділення твердих фаз	
7.1 Розділення фаз шляхом гідромеханічного сортування	40
7.2 Електростатична сепарація	41
7.3 Аеросепарація	44
8 Способи утилізації полімерів	
8.1 Утилізація відходів поліолефінів	44
8.2 Вторинна переробка полівінілхлориду	
8.3 Вторинна переробка відходів поліетилентерефталату	45
9 Запровадження матеріалів для упакувань, які здатні до біорозкладання	47
Висновки	49
Перелік посилань	50

ВСТУП

В дисципліні «Утилізація упакувань» вивчаються основні способи та технологічні засоби утилізації відходів виробництв упаковки та використаних упакувань, виготовлених із різних видів матеріалів. Вивчаються основні етапи утилізації упаковки, технологічні схеми переробки упаковки з різних матеріалів, обладнання для подрібнення використаних упакувань.

Метою вивчення дисципліни «Утилізація упакувань» являється оволодіння системою типових завдань діяльності, які студент здатен вирішувати згідно вимог ОПП:

- уміння обґрунтовано обирати спосіб утилізації певного матеріалу упакувань;
- уміння обґрунтовано обирати схему та обладнання для утилізації;
- розраховувати подрібнююче обладнання для схеми утилізації;
- організовувати заходи зі збору відходів виробництва та використаної упаковки.

Завданнями дисципліни «Утилізація упакувань» являється формування у студентів системи наступних знань і умінь.

Знань про:

- законодавчу базу про механізм поводження з відходами в Україні;
- типові лінії переробки певних видів відходів;
- типове обладнання для переробки вторинної сировини.

Умінь:

- уміння обґрунтовано обирати спосіб утилізації певного матеріалу упакувань;
- уміння обґрунтовано обирати схему та обладнання для утилізації;
- розраховувати подрібнюючі обладнання для схеми утилізації;
- умінь аналізу стану ринку біоматеріалів для пакувань;
- організовувати заходи зі збору відходів виробництва та використаної упаковки.

1 ВІДХОДИ. УТВОРЕННЯ. ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ ПРО ТПВ

1.1 УПАКОВКА І ОТОЧУЮЧЕ СЕРЕДОВИЩЕ

Накопичення і видалення відходів було непростотою проблемою міст з моменту їх виникнення. Найбільш гостро ця проблема постала після Другої світової війни в країнах Західної Європи та США, коли почали запроваджуватися нові пакувальні матеріали, збільшилася кількість упакуваних продуктів в супермаркетах та готової їжі в закладах швидкого харчування. Перший сучасний «бунт» споживачів, пов'язаний з упаковкою, почався не з проблеми утилізації відходів, а з боротьби між картонною та пластиковою упаковками для свіжих рибних та м'ясних продуктів. Він відноситься до періоду 1960-70-х років. Борці за права споживача вважали, що картонні пакування приховують неякісний товар та вимагали повної прозорості, яку давали пластикові пакування. Прихильники картону вважали, що його легше утилізувати шляхом спалення, на відміну від пластмаси, яка при згорянні виділяє шкідливі речовини.

Поступово головним об'єктом боротьби стали одноразові пляшки та банки для напоїв. Ряд штатів США має закони, які тим чи іншим способом сприяють

утилізації тари – залогові платежі, сміттеві податки на тару для пива та напоїв. Деякі штати забороняють викидати багаторазову тару, а в деяких заборонено застосування матеріали, які не розкладаються.

На першому етапі боротьби в Сполучених Штатах групою виробників упаковки було засновано організацію «Збережемо Америку прекрасною», яка успішно діє і зараз і створює основу для участі споживачів на першому етапі збору відходів. Дослідження показали, що використання довгострокової упаковки краще, ніж її спалення та переробка. Паперова галузь запровадила переробку різних сортів макулатури. Було засновано Національний центр з поновлення ресурсів. Федеральний уряд в 1965 р. прийняв «Закон про утилізацію твердих відходів», в 1970 – «Закон про поновлення ресурсів». В результаті досліджень стало зрозумілим, що утилізація відходів повинна проводитися в регіональних масштабах. Повинна бути врахована густина населення, близькість виробників упаковки, дальність перевезень, тощо. Криза 1970-х років дещо зменшила інтерес до цієї проблеми, який поновився в 1980-1990 рр. і це можна назвати другим етапом в боротьбі за оточуюче середовище [1]. Поштовхом був звіт європейської організації економічного співробітництва та розвитку, в якому було проаналізовано утворення відходів за останніх 25 років. В ньому, зокрема, наголошувалось, що в США кількість побутових міських відходів на 1 людину найбільша в світі – 2 кг в день на 1 особу. Із 189,6 млн.т відходів у рік біля 24% перероблювалося або компостувалося, 61% потрапляв на звалища і 15% спалювалося (без корисного використання енергії). Було поставлене завдання збільшити частку відходів, що переробляються до 35% строком до 2005 р., виключення застосування в упаковці токсичних матеріалів, тощо.

В країнах Європейського Союзу діють Директиви, за якими жорстко обмежують викиди шкідливих речовин в атмосферу і спалювання змішаного сміття. Вступив в силу закон, що регламентує вивезення на звалище неперероблених відходів і впливає на збільшення обсягу вторинного використання відходів.

Концепція загальної якості, або тотальний менеджмент якості, дає новий підхід до управління відходами, який отримав назву Zero Waste (нульові відходи). Це дозволить позбутися звалищ і сміттєспалювальних заводів, вводити в управління відходами «інтелектуальні системи» і створювати робочі місця, пов'язані з переробкою відходів. У цій системі закладений принцип «чистого простору», який спрямований на вирішення завдань щодо виключення утворення всіх відходів без виключення.

Особлива роль відводиться біологічному циклу, в результаті якого, наприклад, упаковка, що піддається біорозкладанню, повністю повертається в ґрунт і не порушує його якості. Технічний же цикл повинен створювати матеріали, придатні для повторного використання, наприклад, застосування перероблених пластикових пляшок в нових корисних виробках.

На теренах нашої країни питання утилізації упакувань постало лише після падіння «залізної завіси». В порівнянні з 1990 роком, в складі ТПВ зросла питома частка паперу та пластику, а знизилась – скла, металів та харчових продуктів. Ці зміни складу ТПВ підтверджують світову тенденцію до збільшення кількості паперу та пластику в побутових відходах за рахунок сучасних видів упаковки товару.

Україна входить в число країн з найбільш високими абсолютними обсягами утворення та накопичення відходів. Щорічно їх утворюється 700-720 млн. т (до 75% складають відходи розробки родовищ корисних копалин). Загальна маса накопичених на території України відходів у поверхневих сховищах перевищує 25 млрд. т, що в розрахунку на 1 км² площі становить близько 40 тис. тонн. Відходи нагромаджуються у вигляді шламосховищ, териконів, відвалів, різних звалищ. Площа земель, зайнята ними, становить близько 160 тис. га. Внаслідок гіпертрофованого розвитку гірничодобувної промисловості в Україні домінують відходи, що утворюються під час розробки родовищ та збагачення корисних копалин (відповідно 13 і 14 %). Значну частину становлять відходи хіміко-металургійної переробки сировини. В результаті життєдіяльності одного мешканця України за рік утворюється одна тона відходів. Утилізується лише третина загальної кількості відходів, що свідчить про значні ресурсні резерви.

1.2 ТЕМПИ ВИРОБНИЦТВА УПАКОВКИ

Науково-технічний процес, а також розширення обсягів виробництва вивели таропакувальне виробництво розвинених країн на рівень провідної галузі економіки, але одночасно призвели до загрозливо широкого потоку неконтрольованого знищення ресурсів. За оцінками експертів, загальна сума світових витрат на тару і упаковку становить близько 500 млрд. дол. США.

З одного боку, на виробництво упаковки постійно збільшується частка матеріальних ресурсів, що видобуваються на планеті (деревина, нафта, газ та ін.), з іншого, виконавши у короткий термін свої пакувальні функції, ці ресурси спалюються або виявляються на сміттєвих звалищах.

Прибуткі виробників упаковки зростають і в період 2008 -2015 рр. темп зростання склав 2,1-2,4%. Аналіз структури ринку пакувальних матеріалів показав перевагу упаковки з паперу та картону. В Україні цей вид упаковки складає 47% від загального об'єму, в середньому за рік виготовляється близько 900 млн. м² коробок із гофрокартона, 80 тис. пакетов та мішків з паперу. Середньорічний обсяг виробництва скляних банок та пляшок складає 3300 млн.одиниць. Найближчим конкурентом скла є ПЕТФ тара, виробництво полімерної упаковки (ПЕТФ та гнучкої упаковки) в Україні складає в середньому більше 400 тис.т. Взагалі, світовий приріст гнучкої упаковки у світі до 2018 р. склав 6,2%. Випуск комбінованої тари та упаковки для молочної продукції, дитячого харчування, напоїв перевищує 4 млрд. одиниць. Також ринок упакувань представлений і іншими видами продукції – алюмінієві банки, жестяна тара для харчових продуктів, будівельних матеріалів, тощо [2].

Майже половину маси пакувальних відходів (48%) складає папір і картон, 13% - скло, 8% чорні і кольорові метали (в основному консервні банки), 5% - деревина, 24% - полімерні синтетичні матеріали і комбінована тара. У цих умовах виникає необхідність вжити термінових і дієвих заходів щодо запобігання подальшому погіршенню обстановки і відповідно висуває нові вимоги до переробки відходів.

Основна складність даної проблеми полягає в тому, що процеси упаковки продукції і переробки використаних пакувальних матеріалів переслідують зовсім протилежні цілі. Виробник і споживач хочуть, щоб упаковка не розбивалася, не ламалася, щоб не розкладалася, не горіла і не розчинялася у воді. Установки для

переробки відходів розраховані на те, що пакувальні матеріали можуть бути зруйновані, спалені, ущільнені або хімічно розкладені. Тому розробники упаковки намагаються знайти компромісну середину, що дозволило б ефективніше переробляти використану упаковку.

У той же час, очевидно, що збереження нинішнього підходу до питань регулювання таропакувальної галузі веде до назрівання глобальної кризової ситуації. Ще в минулому столітті великий датський фізик Н. Бор сказав, що людство не загине від ядерної війни, а задихнеться у власному смітті. І дійсно, не дивлячись на зусилля в області екології та поводження з відходами в розвинених країнах, зростання обсягу відходів в них збільшується з кожним роком. Тому дуже важливо змінити ставлення до відходів, перестати розглядати їх як сміття, що забруднює навколишнє середовище, а вважати джерелом енергії і вторинної сировини, відходи повинні бути включені в рециклінг, тобто використовуватися з користю вдруге.

В наш час безперечно пріоритетними стали зусилля суспільства в області обмеження безконтрольного застосування пакувальних матеріалів, вимоги про вторинну переробку і багаторазове використання, захист навколишнього середовища.

1.3 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ВІДХОДИ СПОЖИВАННЯ, ЇХ ВИДИ ТА УТВОРЕННЯ

До відходів споживання відносяться вироби і матеріали, що втратили споживчу властивість в результаті фізичного або морального зносу. До відходів відносять тверді побутові відходи (ТПВ), що утворюються в результаті життєдіяльності людей. До ТПВ потрапляє і використана упаковка, яка складає близько 50% ТПВ. Приблизний склад відходів, що утворюються в житлових і суспільних будівлях у великих містах приведений на рис. 1.

Кількість відходів, що утворюються на розрахункову одиницю (для житлового фонду – це одна особа, готелі – 1 місце, магазини і склади – 1 м² торгівельної площі і т.і.) в одиницю часу (день, рік), визначає **норми накопичення**. Норми накопичення вимірюють в одиницях маси (кг) або об'єму (л, м³) і розраховують для двох джерел:

- житлові будівлі;
- установи і підприємства суспільного призначення. Орієнтовні норми накопичення ТПВ, що утворюються в житлових і суспільних будівлях у великих містах, відповідно [3] приведений в таблиці 1.

На величину норми накопичення впливають такі фактори як

- ступінь благоустрою житлового фонду;
- поверховість, вид палива при місцевому опаленні;
- ступінь добробуту населення;
- кліматичні умови.

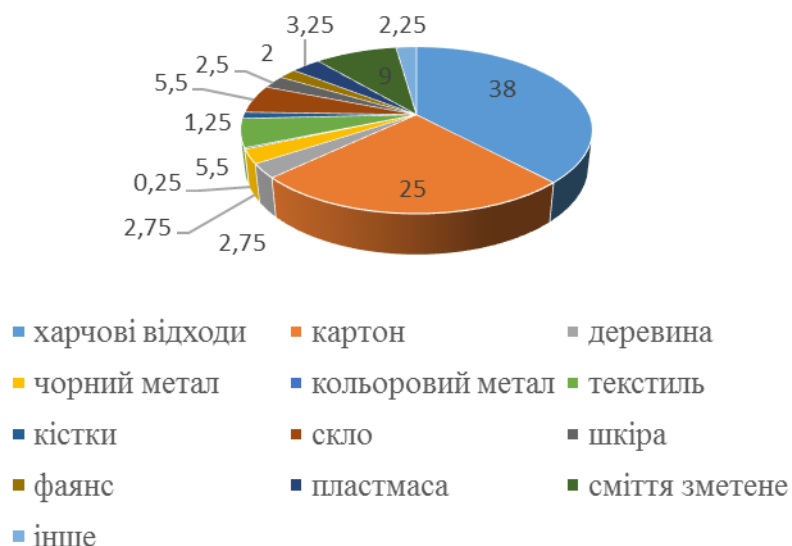


Рис. 1 Приблизний склад ТПВ [4]

Таблиця 1 - Орієнтовні норми накопичення ТПВ, що утворюються в житлових будівлях і в об'єктах суспільного призначення, що окремо розташовані [5]

№	Об'єкт утворення ТПВ	Розрахункова одиниця	Норма на одну розрахункову одиницю				Щільність,кг/м
			середня на добу		середня на рік		
			л	кг	м	кг	
1	2	3	4	5	6	7	8
	Житлові будинки багатоквартирні упорядковані (газ, вода, каналізація, центральне опалення):						
1.1	із сміттєпроводами	мешканець	5,3	1,028	1,93	374,42	194
1.2	без сміттєпроводів	мешканець	5,9	1,168	2,15	425,70	198
2	Житлові будинки індивідуальної забудови (будинки приватного сектору з газовим опаленням, присадибною ділянкою)	мешканець	6,9	1,421	2,52	519,12	206
3	Готелі: з ресторанами, конференцзалами; без ресторанів, конференцзалів	місце	8,9 4,5	1,477 0,719	3,25 1,64	539,50 262,4	166 160
4	Гуртожитки	місце	3,8	0,608	1,39	222,40	160
5	Санаторії, пансіонати, будинки відпочинку	місце	5,7	0,884	2,08	322.40	155

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8
6	Лікувально-профілактичні установи:						
6.1	лікарні	місце	5,8	0,969	2,12	354,04	167
6.2	поліклініки	відвідування	0,92	0,130	0,23	32,43	141
7	Дитячі дошкільні установи (дитсадки)	місце	2,6	0,551	0,65	137,80	212
8	Склади	1 м2 площі	0,2	0,048	0,50	120,0	240
9	Адміністративні та громадські організації і установи:						
9.1	адміністративні установи	робоче місце	2,8	0,398	0,70	99,40	142
9.2	науково-дослідні та проектні організації	робоче місце	3,8	0,562	0,95	140,60	148
10	Навчальні заклади:						
10.1	школи, ліцеї	учень	0,93	0,181	0,23	44,85	195
10.2	вищі і середні навчальні заклади	учень	0,94	0,152	0,24	38,88	162
10.3	школи-інтернати	учень	2,6	0,429	0,95	156,75	165
10.4	профтехучилища	учень	2,4	0,408	0,88	149,60	170
11	Підприємства торгівлі:						
11.1	промтоварні крамниці	1 м ² торгівельної площі	1,3	0,195	0,39	58,50	150
11.2	продовольчі крамниці	1 м ² торгівельної площі	1,9	0,3230	0,57	96,90	170
11.3	ринки (продовольчі, речові, змішані)	1 м ² торгівельної площі	1,2	0,216	0,44	79,20	180
11.4	супер, гіпер-, мегамаркети	1 м ² торгівельної площі	1,5	0,210	0,55	77,0	140
12	Видовищні установи (стадіони, літні і, оглядові майданчики тощо)	місце	1,0	0,120	0,36	43,20	120
13	Підприємства побутового обслуговування	робоче місце	4,2	0,840	1,26	252,20	200
14	Заклади культури і мистецтв	місце	0,8	0,087	0,29	31,90	110
15	Залізничні вокзали, аеропорти, автовокзали	м ² площі для пасажирів	2,0	0,360	0,73	131,40	180
16	Кемпінги, автостоянки	м ² площі	0,2	0,0360	0,07	12,60	180
17	Пляжі (в літній сезон)	м ² території	0,3	0,0450	.	.	150
18	Підприємства громадського харчування:						
18.1	ресторани	місце	8,0	1,440	2,92	525,60	180
18.2	кафе, їдальні	місце	6,0	1,080	2,19	394,20	180
18.3	відкриті сезонні торговельні майданчики, павільйони	місце	4,0	0,480	-	-	120

В таблиці 2 наведено середньорічний морфологічний склад відходів деяких країн світу. Фракційний склад ТПВ - це відсотковий вміст маси компонентів, що проходять через сита з чарунками різного розміру, що впливає на технологію і організацію збору, транспортування та параметри сміттєпереробних заводів.

Таблиця 2 - Середньорічний склад ТПВ деяких країн світу [6]

Компоненти ТПВ	Австрія	Бельгія	Англія	Італія	Канада	США	Швейцарія
Піпір, картон	28-36	32	29	30-40	52	32-45	40
Харчові відходи	20-35	22	25	25-35	15	13-19	24
Дерево, листя	2,0	1,0	2,0	3,0	1,5	10-20	2,0
Метал	2-5	3,5	8,0	4-5	5,0	8-9	8,0
Текстиль	1,0	2,0	3,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Пластмаси	5-6	5-6	7,0	6-8	4,0	4-6	4-5
Каміння, кераміка	9,0	0,5	2,0	3,0	-	2,0	1,0
Скло	8,0	4,0	10,0	7,9	5,5	8-10	8,0
Вугілля, шлак	24	20	14	Враховано у відсвіві	5,0	-	Враховано у відсвіві
Відсів більше 16 мм	Враховано у вугіллі та и шлаці			15,0	10,0	11,0	10,0

Головною відмінністю пакувальних відходів, яка дозволяє виділити їх в окремий клас відходів, є наступне:

- швидкість утворення (упаковка перетворюється у відходи відразу після її придбання споживачем і після одноразового споживання);
 - упаковка не є метою споживання, а тільки супроводжує продукт споживання.
- Основну і зростаючу частку складають пакувальні відходи, що утворюються в торгівлі та в побуті.

1.4 СИТУАЦІЯ З УТВОРЕННЯМ ТПВ В УКРАЇНІ

За останні 25 років населення України скоротилося на 17 % (з 51 млн. в 1990 р. до 42 млн. в 2018 р.), обсяг побутових відходів збільшився на 40%. За даними міністерства екології України кількість всіх накопичених відходів становить біля 35 млрд. т, з яких 2,6 млрд.т є токсичними. Кількість відходів кожного року зростає і досягає 300-400 кг на особу.

Більше 90% твердих побутових відходів в Україні звозяться на звалища і полігони. Захоронення відходів на звалищах вимагає відчуження великих територій і їх облаштування. За даними Національного екологічного центру України на полігонах і звалищах України накопичилося більше мільярда кубометрів відходів життєдіяльності людини, з яких згідно з офіційними даними

Держкомстату України повторну переробку проходить 3,5%. Всі ці відходи займають понад 7 тис. гектарів землі, це фільтрат, що забруднює ґрунт та отруює ґрунтові води та дає непоправної шкоди здоров'ю людей. Крім того, при похованні органічних речовин утворюється звалищний газ, макрокомпонентами якого є метан (CH_4), який міститься у кількості 40-60% і діоксид вуглецю (CO_2) - 30-45%. Згідно стандартів Кіотського Протоколу тонна метану в 21 разів шкідливіша, ніж тонна вуглекислого газу.

Якщо метан, відводячи за спеціальною технологією з полігонів, можна направити для обігріву і генерації електроенергії, то фільтрат є продуктом, який практично неможливо нейтралізувати. Масштаби утворення звалищного газу в Україні також можна вважати геологічними, так як за розрахунками фахівців в Україні щорічно утворюється понад 120 млн. тонн органічних відходів за сухою масою, кожна тонна яких може дати від 300 до 800 м³ біогазу. Переробка усієї кількості відходів може дати тільки біогазу від 36 до 75 млрд. м³ або в перерахунку на метан від 20 до 45 млрд. м³ в рік. Слід зазначити, що в даний час в Україні видобувається менше 20 млрд. куб. м³ природного газу при потребі близько 70 млрд. м³ газу. Переважна більшість звалищ (від 80 до 90%) працюють у режимі перевантаження, з давно порушеними проектними показниками щодо обсягів надходження відходів, без дотримання запобіжних заходів щодо забруднення підземних вод (в тому числі рівня колодязної води) і повітряного басейну. Термін придатності більшості звалищ для захоронення відходів «прострочений». Чисельність передмість і сіл, які ведуть «сміттєві війни» за закриття полігонів і звалищ, зростає з кожним роком і загрожує придбати національні масштаби.

Динаміка утворення побутових відходів

Проблема накопичення виникає тому, що в Україні основним методом поводження з побутовими відходами є захоронення на полігонах, більшість з яких на сьогодні переповнені.

З огляду на те, що у сучасних умовах господарювання особливої актуальності набуває проблема забруднення навколишнього середовища у результаті техногенного навантаження, до числа найважливіших екологічних, економічних та соціальних проблем людства відноситься проблема твердих побутових відходів.

В Україні у 2011 році було утворено ~ 54 млн. м³ побутових відходів, 95 % з яких захоронюється без переробки. Загальна площа різного роду звалищ становить ~ 3% території країни. Ці данні свідчать про те, що в Україні фактично відсутня галузь сміттєпереробки. Кількість сміттєзвалищ, які перевантажені складає 292 од. (5 % від загальної кількості), а 986 од. (16 %) – не відповідають нормам екологічної безпеки. Не належним чином проводиться робота з паспортизації, рекультивації та санації сміттєзвалищ. З 2569 полігонів, які потребують паспортизації, у 2011 р. фактично паспортизовано 476 од. і ще 35 % потребують паспортизації. Найбільша кількість полігонів, які потребують паспортизації, у Херсонській області – 90 % від загальної кількості полігонів в області та Чернігівській – 72 %. З 562 сміттєзвалищ, які потребують рекультивації, фактично рекультивовано 166 од. (7 % потребує рекультивації). З 495 сміттєзвалищ, які потребують санації, фактично сановано 166 од. (58 % потребує санації). Найбільша кількість полігонів, які потребують рекультивації, у Закарпатській – 32 % від загальної кількості полігонів в області та Івано-Франківській – 30 %. Однак, крім спалювання та захоронення мізерна частка ТПВ

в Україні потрапляє на заготівельні пункти вторинної сировини та сміттєпереробні підприємства. За цими даними можна зробити висновок, що невідповідність між прогресуючим накопиченням відходів і методами, спрямованими на запобігання їх створення, утилізацію, знешкодження та видалення, загрожує не тільки поглибленням екологічної кризи, але і загостренню соціально-економічної ситуації в цілому [7].

Завдяки впровадженню в 130 населених пунктах роздільного збирання побутових відходів, роботі 7 сміттесортувальних ліній та 3 сміттєспалювальних заводів перероблено та утилізовано близько 8 % ТПВ, з них: 4,2 % спалено в містах Києві, Дніпропетровську та Люботині Харківської області, 3,8 % ТПВ потрапило на заготівельні пункти вторинної сировини та сміттєпереробні заводи. Обсяги роздільного збирання та використання ТПВ в Україні в 2011 р. наведено у таблиці 3.

Таблиця 3 – Обсяги по компонентного збирання та використання ТПВ

ТПВ та їх компоненти, які збираються роздільно	Обсяги збиран ня	Вивезено на:							
		заготівельні пункти ВС		сміттєпере- робні підприємства		ССЗ		Полігони (звалища)	
		тис. т	тис. т	%	тис. т	%	тис. т	%	тис. т
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Змішані ТПВ	13723,6	9,9	7,7	165,7	60,3	438	100	13091,5	96,1
Великогабаритні ТПВ	304,6	-	-	2,1	0,8	-	-	302,6	2,2
Макулатура (картон, папір)	138,1	58,4	45,3	57,8	21,0	-	-	22	0,2
Полімери (плівка, пакети, ПЕТ)	38,9	6,2	4,8	9,5	3,5	-	-	23,1	0,2
Упаковка Тетра Пак та інші	7,9	1,1	0,9	1,7	0,6	-	-	5,1	-
Метали (чорні, кольорові)	10,7	3,3	2,6	0,6	0,2	-	-	6,7	-
Скло (склотара, склобій)	50,4	3,9	3,0	4,3	1,6	-	-	42,2	0,3
Текстиль (синтетичний, натуральний, змішаний)	7,1	0,3	0,2	-	-	-	-	6,8	-

Продовження таблиці 3

Органічні компоненти (харчові відходи)	86,7	-	-	-	-	-	-	86,7	0,6
Енергетичне та електронне обладнання	0,1	-	-	-	-	-	-	0,1	-
Небезпечні компоненти	0,5	-	-	-	-	-	-	0,5	-
Інші	11,4	46	35,7	33,2	12,1	-	-	31,9	0,2
Всього	14479,9	129	х	275	х	438	х	13619	х

Вищенаведені дані наглядно демонструють, що захоронення на полігонах залишається пріоритетним напрямом утилізації відходів. Більшість з них перевантажена та не відповідає нормам, що призводить до різних екологічних катастроф (потрапляння в підземні води шкідливих речовин та ін.). Ще одним негативним наслідком є те, що при зберіганні на полігонах та навіть у місцях первинного скупчення матеріали втрачають свою цінність для переробки. Тому наявним сміттєпереробним комплексам вдається переробити близько 3 % працюючи не на повну потужність.

1.5 ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА СКЛАД ТПВ

Для виконання будь-яких інженерних розрахунків необхідно знати фізичні властивості речовин. Сміття є сумішшю різних матеріалів в різних пропорціях, тому його фізичні властивості є величиною змінною в залежності від складу відходів.

Питома теплоємність. Значення питомої теплоємності відходів використовується при розрахунках теплотехнічних параметрів пристроїв для знешкодження твердих побутових відходів (ТПВ) і складає, Дж/(кг.К) [6] :

Картон, папір, деревина	2000-2500
Скло	800-1000
Чорний метал	400.

Питома теплоємність ТПВ залежить від вологості і може бути розрахована за формулою:

$$C_{ТПВ} = 21,9W + 2000 \quad (1)$$

де W - вологість ТПВ, %. ТПВ мають механічну зв'язність за рахунок волокнистих фракцій і вологого липкого компонента, тому утворюють зведення і ТПВ не проходить крізь ґрати з відстанню між колосник 20-30 см, налипає на металеву сітку з кут нахил до горизонт до 70°. Якщо в ТПВ присутнє скло, порцеляна, які є абразивними матеріалами, ці включення стирають дотичні поверхні. При тривалій нерухомості ТПВ ущільнюються без зовнішньої дії. При контакті з металами викликають їх корозію за рахунок високої вологості і наявності у фільтраті різних солей.

Об'ємна маса ТПВ облаштованого житлового фонду в осінньо-літній сезон в контейнерах складає **0,18-0,22 т/м³** в осінньо-зимовій - **0,2-0,25 т/м³**. Для міст середньорічне значення об'ємної маси - **0,19-0,23 т/м³**.

Компресійна характеристика. Залежність міри ущільнення від тиску називається компресійною характеристикою ТПВ. Ця характеристика має значення при проектуванні установок для пресування ТБО. Властивості ТПВ змінюються залежно від навантаження. При підвищенні тиску до 3-5 кгс/см² при збиранні і видаленні ТПВ об'єм зменшується в 5-8 разів, щільність зростає до 0,8-1,0 т/м³. При тиску від 100-200 кгс/см² інтенсивно відділюється волога (до 90%) і об'єм зменшується ще в 2-2,5 рази при збільшенні щільності в 1,3-1,7 разу. Спресоване сміття на якийсь час стабілізується і при підвищенні тиску до 600 кгс/см² об'єм ТПВ знижується ненабагато і щільність не зростає (табл.4).

Таблиця 4 - Компресійна характеристика ТПВ [8]

Спосіб пресування	Зусилля, кг/см ³	Ступінь ущільнення
При збиранні		
Пресування «сухих» відходів в закладах, торгових підприємствах	1-2	3-6
При транспортуванні		
Пресування в сміттєвозі	0,2-1	1,5-3
Пресування при перевантаженні	0,3-0,6	2-2,5
При переробці та захороненні		
Виготовлення крупногабаритних блоків для захоронення в морі	50-300	10
Пресування на спеціальних вагах при захороненні на полігонах	50-100	8-10
Пошарове ущільнення на полігонах	1	3-4

Теплота згорання ТПВ низька і коливається в межах від 1224 до 1612 ккал/кг (5128-6750 кДж/кг). Для порівняння – теплота згорання умовного палива 29000 кДж/кг. Хімічний склад ТПВ наведено в табл. 5.

Таблиця 5 - Хімічний склад ТПВ

Назва хімічних компонентів	Вміст, в % сухій масі
Органічна речовина	56-72
Зольність	28-44
Загальний азот	0,9-1,9
Кальцій	2-3
Вуглець	30-35
Фосфор	0,5-0,8
Загальний калій	0,5-1

Сірка	0,2-0,3
Кислотність (pH)	5-6,5
Вологість,% загальної маси	40-50

2 КЛАСИФІКАЦІЯ УПАКОВКИ ТА ОСНОВНІ МАТЕРІАЛИ, ЩО ПІДЛЯГАЮТЬ УТИЛІЗАЦІЇ

2.1 КЛАСИФІКАЦІЯ УПАКОВКИ

Основні класифікаційні ознаки тари і упаковки:

- призначення;
- вид матеріалу;
- конструкція.

Призначення упаковки прийнято вважати за найбільш істотну класифікаційну ознаку. За цим критерієм упаковка поділяється на:

- споживчу (штучну, або первинну; групову, або вторинну);
- транспортну;
- виробничу;
- спеціальну;
- суспільну;
- військову.

Споживча упаковка призначена для товарів масового споживання; вона є частиною товару, входить в його вартість, а після реалізації товару переходить в повну власність покупця.

Виробнича упаковка призначена для виконання внутрізаводських (внутрішньоцехових та міжцехових), а також міжзаводських перевезень, зберігання виробів, напівфабрикатів, матеріалів і сировини.

Транспортна упаковка – упаковка великих товарів або великої кількості товарів, призначена для перевезення, складування і зберігання продукції.

Спеціальна упаковка призначена для захисту від зовнішніх дій, впливів кліматичних чинників при транспортуванні і зберіганні різних виробів машинобудування, приладів, тощо.

Суспільна упаковка – упаковка для продуктів, що використовуються в лікарнях, школах, державних установах, в'язницях, тобто в масовому скупченні людей.

Військова упаковка – упаковка продуктів для Озброєнних сил або для Уряду.

За видами матеріалів, з яких вони виготовлені упаковку розділяють на:

- скляну;
- целюлозно-паперову (включаючи картонну, гофрокартонну і дерев'яну);
- металеву (жестяну і алюмінієву);
- пластмасову (пластикову);
- керамічну;
- комбіновану.

2.2 ОСНОВНІ ВИДИ МАТЕРІАЛІВ, ЩО ПІДДАЮТЬСЯ УТИЛІЗАЦІЇ

Пластмаси. У США галуззю промисловості, що випускає пластмасову тару, створений Американська рада з пластмас, яка широко інформує про пластмасову тару, можливості її повторного використання, переробки, спалювання для вироблення енергії. Звернення до законодавчих організацій та робота з громадськістю привели до підвищення рівня переробки ПЕТ пляшок з 20 до 50%. Союз виробників пластмаси розробив систему кодування полімерів, які використовуються для виготовлення жорсткої тари, символами на дні пляшок, завдяки чому полегшується сортування. Також організовано збір та переробку змішаних плівок. Об'єм такої упаковки становить не більше 10% від всієї пластикової упаковки, що переробляється [1]. Основним джерелом пластику для переробки є чисті відходи виробництва упаковок, які подрібнюються і знову вводяться у виробництво пластикової тари. При переробці ПЕТ тари можна отримати наступні корисні матеріали та вироби: волокно для килимової нитки, промислових тканин та одягу, пресовані плівки та листи, стрічки для обв'язування тари, армовані термопласти, покриття, тощо.

Паперова упаковка. Макулатурою називаються вироби із картону та паперу, які відпрацювали свій термін служби. Вся макулатура поділяється на три групи:

- Група «А» - макулатура високої якості;
- Група «Б» - макулатура середньої якості;
- Група «В» - макулатура низької якості.

До групи «А» відносяться, в основному, чисті відходи виробництва білого паперу, до групи «Б» відходи бувшого у використанні гофрокартону, відходи білого картону та білого офсетного паперу, який використовувався у друкарстві, до групи «В» відносяться відходи газетного виробництва, шпулі, гільзи та інші відходи виробництв виробів із паперової маси. Макулатура не повинна містити непридатної для подальшої переробки паперової маси, а саме просочену водостійкими домішками, лаком, смолами, що містить фольгу, фібру і т.і.

В інших країнах світу макулатура може класифікуватися іншим чином. Так, наприклад, зараз в США діє класифікація, яка розроблена Американським агентством з охорони навколишнього середовища. Вона виділяє п'ять типів сировини, які є основними джерелами макулатури після закінчення терміну своєї служби:

- гофротара, яка офіційно називається ОСС та в подальшому використовується для виробництва вторинного гофрокартону, що йде на виробництво упаковки і тари;
- журнали та газети, які офіційно називаються ONP / OMG (Old Newspapers / Old Magazines) і використовуються для виробництва нових газет, картону та паперових тканин;
- змішане паперове сировину або Mixed Paper. Сюди входить дуже велика група паперових відходів: каталоги, довідники, картон, журнали. Подібне вторинну сировину використовується при виробництві нових газет, картону, паперових тканин, а також ДСП, теплоізоляційних матеріалів і гіпсокартону;
- якісний папір без чорнил (High Grade Deinked Paper). До цієї групи належить вживаний газетний або офісний папір, який попередньо очищається від

чорнила, а потім використовується для виробництва різних високоякісних паперових продуктів;

- різні замітники целюлози Pulp substitutes, що представляють собою якісні обрізки паперової промисловості, які можуть використовуватися, нарівні зі звичайною целюлозою для виробництва різних видів паперової продукції високої якості.

У країнах ЄС макулатура класифікується третім способом. Для цього є відповідний класифікаційний документ під назвою EN 643 - "European List of Standard Grades of Recovered Paper and Board". Даний документ виділяє 5 груп макулатури (спеціальна якість, картонна якість, висока якість, середня якість і нормальна якість), кожна з яких включає в себе від семи до дев'ятнадцяти уточнених марок макулатури.

Завдяки вторинної переробки паперу і картону, можна отримувати продукцію, яка не поступається за якістю тієї, що виготовляється безпосередньо з целюлози.

Метали. Сталь. У всій новій сталі є частина переробленого металу. Використані консервні бляшанки – хороше джерело відходів, т.я. зроблені зі сталі, що містить мало марганцю, вуглецю та фосфору. Завдяки магнітним властивостям вони добре відділяються від твердих побутових відходів. В США в 1995 р. було перероблено біля 56% жестианих упаковок харчових продуктів, фарби та аерозольних балонів. Після 6-8 оборотів використання утилізуються і сталеві діжки.

Алюміній. Використовується для виробництва банок для напоїв. Виготовлення нової банки із переробленого алюмінію потребує лише 5% енергії, необхідної для виготовлення такої ж банки із первинного алюмінію.

Скло. Використання склобою при виготовленні скляної тари відомо давно. Це вигідно з точки зору енерговитрат – температура плавлення склобою нижча, ніж нової скломаси. Скляна тара для переробки сортується за кольором, не повинна містити керамічних домішок. В типовій скляній банці міститься від 24 до 60 % переробленого скла. За якістю склобій поділяється на 1 і 2 сорти, а також на марки за кольором: безкольоровий, напівбілий тарний, напівбілий листовий, зелений та коричньовий.

3 ОСНОВНІ МЕТОДИ ПОВОДЖЕННЯ З ТВЕРДИМИ ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ

3.1 ЗАХОРОНЕННЯ

Незважаючи на всі негативні наслідки захоронення ТПВ, на сьогоднішній день цей метод вважається найбільш масштабним, простим та дешевим методом поводження з ТПВ. І навіть вилучення з обороту величезних площ, інтенсивна міграція в атмосферу та гідросферу токсичних речовин, періодичні аварійні пожежі з викидом в довкілля великих об'ємів забруднюючих сполук та інші негативні наслідки не здатні припинити використання земних надр в якості сховища ТПВ.

Полігони. Основне призначення полігонів ТПВ – екологічне та санітарно-гігієнічне безпечне тривале зберігання відходів життєдіяльності людини. Разом з тим, в переважній більшості випадків, створені полігони при неналежному

відношенні та обслуговуванні самі перетворюються на джерела забруднення довкілля токсичними елементами, розповсюдження небезпечних захворювань, емісії неприємних запахів. Території звалищ необхідно вважати небезпечним в санітарно-гігієнічному відношенні об'єктом. Вона може стати джерелом розповсюдження збудників різних інфекційних захворювань. Тому в більшості країн відпрацьовані чіткі вимоги до проектування та експлуатації полігонів ТПВ, які дозволяють уникнути більшості негативних наслідків.

Полігони призначені для захоронення ТПВ із житлової забудови, садово-паркового змету, будівельних та твердих інертних відходів і промислових відходів IV класу небезпеки. З цієї точки зору промислові відходи III і IV класу небезпеки поділяють на три умовні групи [7]:

- промислові відходи IV класу небезпеки, які приймаються без обмежень і використовуються як ізолюючий матеріал – гашене вапно, вапняк, тверді відходи крейди, оксиди алюмінію та кремнію, шлами хімводоочистки та пом'якшення води і т.п.;

- промислові відходи III і IV класу небезпеки, котрі приймаються з обмеженням і складаються з дотриманням граничної кількості (т/1000 м³ ТПВ) – кубові залишки виробництва оцтового ангідриду (3), поліетиленова трубка ПНП (10), фенопласт (10), склотканина E2-62 (3) і т.п.;

- промислові відходи III і IV класу небезпеки, котрі приймаються з обмеженням, складаються з дотриманням граничної кількості (т/1000 м³ ТПВ) і особливих умов – відходи ацетобутилатцелюлози (3) – пресування в блоки розміром не більше 0,3х0,3х0,3 м в мокрому стані, обрізки хромових шкір (3) – укладка шаром не більше 0,2 м, дерев'яні та тирсово-стружкові відходи (10) – не повинні містити тирсу, яка йде на посипання підлоги у промислових приміщеннях і т.п.

На полігони побутових відходів заборонено приймати промислові відходи I та II класу небезпеки, відходи, які містять радіоактивні речовини, вибухонебезпечні та самозаймисті сполуки, промислові відходи з вологістю більше 85 %, різноманітні біологічні відходи у вигляді трупів чи окремих органів тварин, відходи лікувальних закладів. Забороняється захоронення на полігонах ТПВ промислових відходів, які можуть бути використані в якості вторинної сировини, отруйних речовин та речовин з агресивними щодо споруд полігону властивостями.

Розміщення полігонів. Ділянка для розміщення полігону вибирається на основі аналізу багатьох факторів. Оскільки полігон є структурною складовою загальної схеми санітарного очищення населеного пункту, то очевидно, що на початковому етапі проводиться аналіз існуючого та перспективного планування регіону. Полігони ТПВ допускається влаштовувати лише за межами населених пунктів на відстанях не менше санітарно-захисних зон, визначених нормативними документами.

В залежності від рельєфу ділянки розміщення полігони ТПВ поділяють на [7]:

- рівнинні – розташовані на поверхні з ухилом до 5 %;
- схилі – при ухилі місцевості більше 5 %;
- вододільні – розміщені на вододілах;
- ярово-балкові – розташовані у природних зниженнях рельєфу, балках і ярах;

- котловинні чи кар'єрні – розміщені в штучних виямках або кар'єрах після видобутку будівельних матеріалів або корисних копалин;
- гірські – розташовані у гірській місцевості;
- змішані – території, котрі одночасно включають кілька ознак наведеної класифікації – кар'єрно-схилові, вододільно-рівнинні і т.п.

3.2 АНАЕРОБНЕ ФЕРМЕНТУВАННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

Метод заснований на засипанні землею спеціально облаштованих полігонів з метою отримання біогазу. Побутове сміття засипають за визначеною технологією шаром ґрунту товщиною 0,6–0,8 м і утрамбовують. Такі полігони оснащують вентиляційними трубами, газодувками та ємностями для збирання біогазу. Видобувати та утилізувати біогаз, утворений у процесі розкладання ТПВ, почали наприкінці 70-х років минулого століття у США (на сьогодні там діє близько 80 установок для спалювання метану), а пізніше — у країнах Західної Європи. Цей метод часто розглядають як альтернативне джерело енергії (або хімічної сировини), завдяки чому він набуває широкого поширення у світовій практиці. У США видобування біогазу вважають комерційно вигідним. Теоретично вихід звалищного газу, придатного для збирання та використання, становить 100 м³/т ТПВ (або 5 м³/т ТПВ за рік упродовж 20 років) при вмісті метану 55 % (теплотворна здатність – 19,8 МДж/м³). За розрахунками річний потенціал звалищного газу в Україні складає близько 400 млн м³. Найбільш рентабельним є його промислове використання на підприємствах, розташованих безпосередньо поблизу полігону або виробництва електроенергії та постачання її у мережу.

Однак промислове використання біогазу можливе, як мінімум, лише через 5–10 років після створення полігону, вихід його є нестабільний, а рентабельним воно є лише за обсягів ТПВ понад 1 млн. тонн. До недоліків складування відходів на полігонах слід віднести виведення з обігу великих площ сільськогосподарських угідь, труднощі щодо організування нових звалищ через формування ринку землі і відсутність вільних земельних ділянок, значні витрати на транспортування відходів та нераціональне використання органічного компонента ТПВ (оскільки за цією технологією використовують лише невелику частину енергетичного потенціалу відходів) [9].

Основними перевагами біогазу перед іншими енергоносіями можна вважати наступні [10]:

- відновлюваність;
- наявність місцевих джерел сировини для продукування біогазу;
- зниження парникового ефекту;
- зниження залежності від зарубіжних постачальників нафти та газу;
- зниження екологічної шкоди від систем складування органічних відходів;
- забезпечення екологічно замкнутої системи енергоспоживання.

Труднощі використання біогазу з полігонів ТПВ пов'язані із наступними факторами [11]:

- нерівномірне виділення газу протягом року. Найбільш інтенсивно біогаз виділяється влітку з практично повним припиненням виділення взимку;
- більшість існуючих сміттєзвалищ представляє собою біохімічний реактор із стінками з ущільненої глини, яка не здатна витримувати значні перепади

тиску, без якого неможливо забезпечити достатню швидкість транспортування біогазу до збірної системи;

- наявність у біогазі значної кількості домішок вимагає попереднього його очищення та підготовки;
- незначний об'єм біогазу, що виділяється при розкладанні 1 м³ відходів, робить економічно недоцільним використання системи відбору та використання біогазу на невеликих звалищах ТПВ.

3.3 СОРТУВАННЯ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

В загальному випадку сортування ТПВ може проводитись на різних етапах їх збору та знешкодження. Умовно можна виділити кілька рівнів системи сортування [12]:

- квартирно-офісний;
- дворовий;
- заводський (централізований).

Квартирно-офісний рівень сортування ТПВ є найдавнішим та найбільш впорядкованим. Він передбачає відбір корисних компонентів ТПВ на етапі формування потоку сміття безпосередньо в квартирах, приватних будинках, офісах та інших джерелах їх утворення. Передбачається, що корисні компоненти взагалі не потрапляють до потоку сміття, а відбираються ще до його формування, тому якість відібраної сировини є найвищою серед всіх систем сортування. Зацікавленість населення в проведенні такого відбору полягає в тому, що у спеціальних пунктах відібрані матеріали можна здати, отримавши за них відповідні кошти. Така система налагоджена ще з радянських часів і починалась, очевидно, із збирачів сміття, які об'їжджали жилі квартали чи села, обмінюючи непридатний одяг та текстильні вироби на гумові кульки, свистки, іграшки, дрібні побутові пристрої або гроші. За період більше ніж в півстоліття система пройшла різні етапи (наприклад, найбільш близький нам захід – здача макулатури за право придбання книг популярних письменників) і трансформувалась у мережу кіосків прийому вторинної сировини, які працюють, переважно, за грошові кошти. Наприклад, в столиці у 2003 р. нараховувалось 85 таких кіосків і планувалось влаштування ще 210. За 2003 р. мережею кіосків лише в столиці було зібрано 39 тис. т. макулатури, 8 тис. т. склобою, 2 тис. т. ганчір'я, 60 т. технічних пляшок, 720 т. поліетилену, 770 т. пластмас. Крім збереження для виробництва вторинної сировини, на таку ж кількість зменшився у 2003 р. об'єм ТПВ столиці.

Дворовий рівень передбачає встановлення на прибудинковій території спеціальних контейнерів для роздільного збору побутових відходів, де жителі накопичують попередньо розділені в квартирах відходи. Незважаючи на специфічні конструкції таких контейнерів (наприклад, вхідні отвори влаштовуються таким чином, щоб унеможливити скидання в контейнер відходів іншого виду), якість відібраної сировини значно нижча від сировини квартирно-офісного рівня. Окремі громадяни недостатньо уваги приділяють процесу розділення відходів ще у квартирах, інші викидають у контейнери недостатньо чисті матеріали, треті свідомо змішують різні види відходів. Тому, в більшості випадків, зібрані на цьому рівні вторинні матеріали перед використанням піддають сортуванню. В світі існує велика кількість систем роздільного збору ТПВ дворового рівня, починаючи від найпростішої американської, яка передбачає

розділення відходів на органічні та неорганічні, до чи не найскладнішої німецької, котра передбачає окремий збір скла, пластику, паперу, органічних відходів, металів та ін. (рис.2)



а)



б)

Рис. 2 Роздільний збір сміття: а) роздільний збір кольорових та некольорових пляшок біля житлових будинків, б) роздільний збір металевої, паперової, пластикової та скляної тари на залізничному вокзалі Відня (фото автора).

Заводський рівень. За видом сировини всі сміттесортувальні станції (ССС) умовно поділяють на два основні типи – “чисті” та “брудні”. “Чистими” називаються ССС, котрі приймають ТПВ, зібрані за роздільною схемою. Як виявилось, навіть продукти роздільного збору, перш ніж потраплять у технологічний процес переробки чи повторного використання, підлягають попередній обробці. Попередня обробка полягає в розділенні за матеріалами (алюміній, залізо, скло, пластик) чи за якістю (наприклад, макулатуру розділяють за сортами).

В країнах, де населення негативно відноситься до роздільного збору або інші причини перешкоджають його впровадженню, будують так звані “брудні” ССС. Такі підприємства приймають на переробку змішані ТПВ, тому якість відібраної вторинної сировини значно нижча в порівнянні із “чистими” заводами. На таких підприємствах у вторинну сировину можна перевести лише біля 20 % загальної кількості ТПВ. 30 %, зазвичай, відбирається та використовується для отримання компосту, а решта – 50 %, використовується в якості палива. Однак, і в цьому випадку можливі варіанти. Компост, отриманий із відповідної фракції змішаних ТПВ, містить значну кількість важких металів, тому для сільського господарства практично непридатний. Найбільшого розповсюдження такі заводи набули у США, де вміст харчових відходів в загальній масі ТПВ незначний, оскільки широко використовуються кухонні подрібнювачі. У 2001 р. на території США працювало 480 ССС, з яких 43 приймали змішані відходи. В інших країнах вміст харчових відходів у потоці ТПВ на стільки значний, що в окремих випадках їх перемішування з іншими компонентами робить роботу ССС збитковою. Тому

досить часто основною продукцією таких заводів є паливо, метали та сировина для компостування.

За конструкцією та ступенем механізації можна виділити наступні основні групи ССС:

- лінії ручного сортування;
- комплекси механізованого сортування;
- комплекси напіваавтоматичного сортування

Термічні методи утилізації ТПВ. На цей час у світовій практиці найбільшого розповсюдження набули термічні методи утилізації ТПВ — спалювання, газифікація і піроліз

3.4 СПАЛЮВАННЯ

Найбільш технічно відпрацьований серед усіх методів промислового перероблення ТПВ. З моменту винайдення цього методу техніку та технологію спалювання весь час удосконалювали. Тривала практика спалювання відходів дозволяє чітко визначити його переваги та недоліки. Провідні незалежні європейські інститути вважають спалювання відходів вигідним, оскільки при цьому можна отримувати електроенергію і тепло. Але слід зауважити, що це єдиний позитивний момент. Усі відомі сьогодні сміттєспалювальні установки мають низку недоліків, головним з яких є те, що під час роботи вони утворюють вторинні надзвичайно токсичні відходи (поліхлоровані дибензодіоксини, фурани і біфеніли), які потім разом з важкими металами потрапляють у навколишнє середовище з димовими газами, стічними водами і шлаком. Хлорорганічні відходи належать до групи вкрай стійких і надзвичайно небезпечних токсикантів. У 2002 р. в Стокгольмі була прийнята Глобальна міжнародна конвенція про заборону стійких органічних забруднювачів. У групу з 12 особливо небезпечних речовин, включених у перелік цієї Конвенції, входять зазначені діоксини, фурани і біфеніли. Суттєвим недоліком сміттєспалювання є також його низька економічність. Коефіцієнт використання теплової енергії навіть на кращих сміттєспалювальних підприємствах США не перевищує 65 %. До того ж для спалювання відходів застосовують значну кількість додаткового рідкого палива (до 265 л на тонну відходів, що їх спалюють). На рис. 3 показано сміттєспалювальний завод у Відні (Австрія).

Рівень спалювання побутових відходів у різних країнах суттєво відрізняється. Так, із загальних обсягів ТПВ частка спалювання становить у Австрії, Італії, Франції, Німеччині від 20 до 40 %; Бельгії, Швеції — 48–50 %, Японії — 70 %; Данії, Швейцарії — 80 %; Англії і США — 14 %; Україні, Росії — 2 %. Водночас багато фахівців вважають, що сміттєспалювальні заводи взагалі не можуть бути екологічно чистими підприємствами. Керівник організації незалежних експертів Росії доктор хімічних наук С. С. Юфіт переконливо довів не лише небезпечність сміттєспалювальних заводів, але й їхню неефективність, неекологічність і абсолютну економічну неприйнятність для будь-якого місцевого бюджету [10].



Рис. 3 Сміттєспалювальний завод в Відні (фото автора)

Досвід експлуатації сміттєспалювальних заводів (ССЗ) показує, що вартість електроенергії, отриманої традиційними методами, складає 1–3 центи за 1 кВт/год, то вартість електроенергії ССЗ зростає до 11 центів за 1 кВт/год [6]. Та й загальна вартість знешкодження ТПВ шляхом спалювання в більшості країн інколи в кілька разів дорожча від захоронення, оскільки зола після сміттєспалювання містить достатньо значну кількість шкідливих речовин і, як результат, потрібно їх захоронення на спеціальних полігонах із збільшенням відповідної вартості такої процедури.

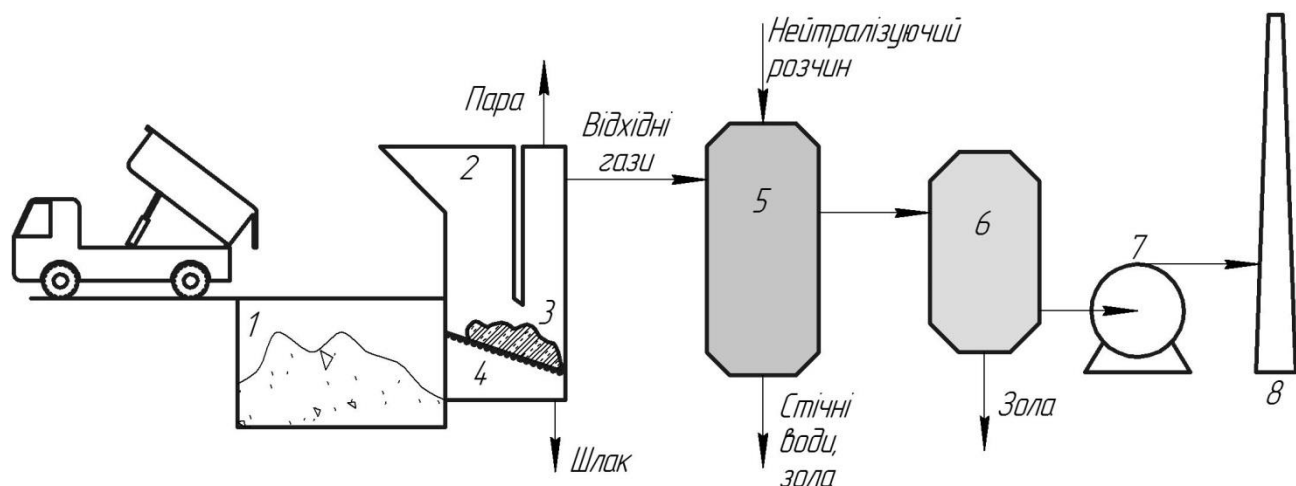
Варто зауважити, що якщо порівняти елементарний склад та теплотворну здатність ТПВ з аналогічними характеристиками інших поширених теплоносіїв, то вони цілком можуть слугувати джерелом енергії. (таблиця 6) [13].

Таблиця 6 – Елементарний склад та теплотворна здатність видів палива

Найменування	Масовий склад, %							Q_n^p , МДж/кг
	С	Н	О	N	S	A	W	
Буре вугілля	27,4	2,16	8,63	0,46	2,85	26,5	32	9,88
Торф	24,7	2,6	15,2	1,1	0,1	6,3	50	8,11
Сланець	13,5	1,8	4,3	0,3	3,4	59,2	17,5	5,81
ТПВ до сортування	21,3	2,7	16,8	0,44	0,16	25,5	33,1	5,88*
ТПВ після сортування	25	3,2	19,8	0,51	0,19	12,3	39	6,67**

Примітки: С – вуглець; Н – водень; О – кисень; N – азот; S – сірка; A – зольність; W – вологість; * – максимальне значення – 7,17 МДж/кг.; ** – максимальне значення – 8,4 МДж/кг.

На рис. 4 зображена принципова схема сміттєспалювального заводу.



- 1 – приймальний бункер; 2 – спусковий жолоб; 3 – котел-утилізатор;
4 – колосникова решітка; 5 – скрубер для відмивки кислих газів;
6 – фільтр для видалення золи; 7 – димосмок; 8 – димова труба

Рис. 4 – Принципова схема сміттєспалювального заводу

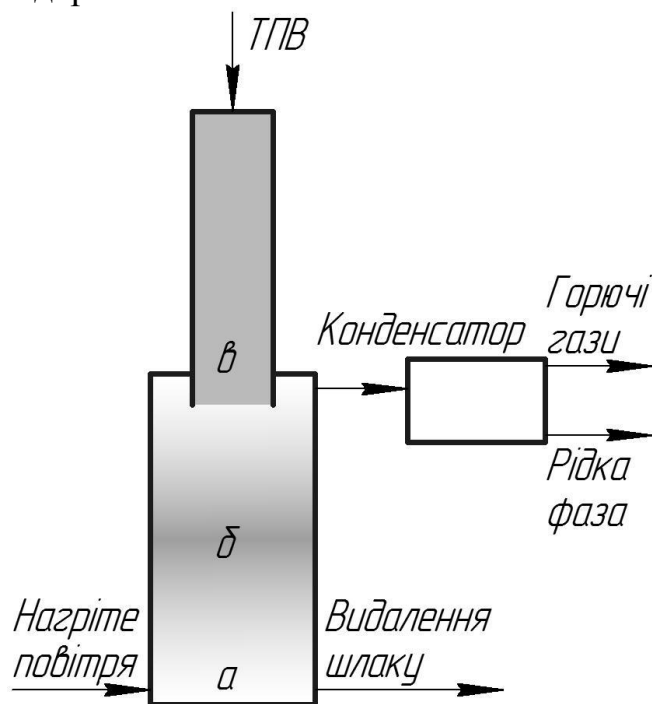
Український сміттєспалювальний завод “Енергія”, що знаходиться в м. Києві, було введено в експлуатацію у січні 1988 року. Загальна площа території заводу з урахуванням під'їзних доріг становить 7,75 га. Відстань до найближчої житлової забудови – 1200 м. Максимальна проектна потужність заводу становить 350,0 тис. т. на рік за умови спалювання відходів з калорійністю 2400,0 ккал/кг. При спалюванні відходів з калорійністю 1100,0 ккал/кг (фактично наявна на цей час в м. Києві) потужність заводу знижується до 175,0 тис. т. на рік. В головному корпусі заводу встановлено 4 сміттєспалювальних котлоагрегатів виробництва ЧКД ДУКЛА (Чехія) з, циліндричними валковими решітками продуктивністю 8–15 т/год. Проектом передбачено можливість використання природного газу для стабілізації технологічного процесу. Серед газоочисного обладнання на заводі встановлено лише електрофільтри для видалення з димових газів зольного попелу із ефективністю 98–99 %, що на сьогодні явно недостатньо, після чого через димову трубу висотою 120 м вони викидаються у повітря. У відхідних газах контролюється вміст SO_2 , NO , NO_2 , CO , HCl . Температура спалювання відходів коливається в межах 700–900 °С. Максимально можлива температура в топковому просторі становить 1200 °С і обмежується виробниками котлоагрегатів. Шлак, що утворюється, захоронюється на полігонах.

Перший етап модернізації заводу почався в 2014 р. На другому етапі модернізації заплановано до кінця 2018 р. здійснити капітальний ремонт котлоагрегатів підприємства та встановити на них електрофільтри. В результаті планується збільшити об'єм утилізації ТПВ на 20% (з 235 до 280 тис. т в год), виробництво тепла — на 60% (до 360 тис. Гкал/рік). Наступний етап модернізації – встановлення турбіни з протитиском потужністю до 4 МВт, що дозволить генерувати 14 млн. кВт/ч електроенергії. Крім того, планується будівництво високотехнологічної системи очищення димових газів, що дозволить заводу відповідати за показниками атмосферних викидів європейським нормам [14].

3.5 ПІРОЛІЗ

Процес піролізу сьогодні досить часто привертає увагу фахівців у галузі поводження з ТПВ, оскільки дозволяє уникнути багатьох негативних наслідків шарового спалювання. Піроліз – це високотемпературну обробку ТПВ без чи з досить обмеженим доступом повітря. Незважаючи на те, що на сьогодні виконано досить багато масштабних досліджень, єдиної думки щодо піролізу, як процесу утилізації ТПВ, сьогодні ще не сформовано. Ряд фахівців виділяють низько-, середньо- та високотемпературний піроліз [15]: низькотемпературний (до 900 °С) та високотемпературний (вище 900 °С) піроліз, розглядаючи останній як газифікацію. В свою чергу високотемпературний піроліз поділяють на піроліз із твердим (до 1100 °С) та рідким (вище 1400 °С) шлаковидаленням. Інтервал температур 1100–1400 °С вважається непридатним для піролізу, оскільки в цьому діапазоні спостерігається розм'якшення та плавлення шлаків, що призводить до псування існуючих систем шлаковидалення. Сьогодні досліджено та розроблено піролізні установки з прямою та протитоною схемою процесу, шахтного та барабанного конструктивного оформлення, повітряного, кисневого та парового дуття, з додатковим використанням електропечей та плазмових пристроїв, зовнішнього та внутрішнього обігріву і т.п. Взагалі відомо більше 50 різноманітних систем піролізу.

Класичне обладнання із внутрішнім обігрівом для піролізу ТПВ представляє собою реактор, схожий на шахтну піч (рис. 5), у верхню частину котрого завантажують ТПВ. Весь робочий об'єм реактора умовно поділяють на кілька зон – висушування відходів, їх піроліз, спалювання і плавлення шлаків. Для відділення об'єму реактора від атмосфери у верхній його частині влаштовують 2–3 затвори шиберного типу, які відкривають лише в момент завантаження відходів.



а – зона горіння та плавлення; *б* – зона піролізу;

в – зона підсушування відходів

Рис. 5 – Схема обладнання для піролізу ТПВ

Завантажені відходи під дією сили тяжіння опускаються вниз реактора. В зоні (б) через шар ТПВ проходять горючі гази із зони піролізу та димові гази із зони спалювання. Оскільки гази мають досить високу температуру, то під її дією випаровується більшість вологи, що міститься у відходах. Підсушені відходи далі переміщуються в зону піролізу б, де відбувається їх розкладання на горючий газ, вуглець та шлак. Горючий газ піднімається в зону в, де змішується з парою і звідки видаляється в конденсатор. В конденсаторі гази охолоджуються та розділяються на рідку смолу та вологу і горючий газ. Вуглець та залишки, що не розкладаються, опускаються в зону, горіння та плавлення (а), де вуглець згоряє при температурі біля 1600 °С, що призводить до переходу шлаку в рідкий стан і забезпечує можливість видалення його за межі реактора. Для підтримання та стабілізації процесів у реакторі в нижню його частину подається повітря, нагріте до температури 600–900 °С. Повітря в деяких установках пропонують замінювати на інертний або горючий газ чи повертати в реактор піролізні гази. Останній варіант вважається найбільш доцільним.

Реактор внутрішнім діаметром 3 м та висотою 15 м дозволяє утилізувати біля 300 т ТПВ за добу. Основними компонентами піролізного газу є водень, оксид вуглецю та метан. В залежності від складу ТПВ та умов піролізу, співвідношення між основними компонентами газової фази може суттєво змінюватись, а теплота згоряння коливатися в межах 6680–10450 кДж/м³ [15]. Перевагою піролізного газу, в порівнянні із природним, є відсутність у його складі сполук сірки та азоту, у випадку високотемпературного піролізу газова фаза може складати до 70 % від маси сухої речовини ТПВ.

Рідка фаза, що конденсується із піролізного газу, містить 20–80 % води, дьоготь, нерозчинні оливи, оцтову кислоту, метанол та інші органічні речовини. Теплотворна здатність такої суміші коливається в межах 2330–4660 кДж/дм³, чим викликає зацікавленість дослідників, як рідке паливо. Рідку фазу піролізу часто називають олівами, смолами, піро- чи біопаливом, оскільки вона представляє собою густу смолянисту рідину, вихід котрої в залежності від вихідної сировини та умов піролізу може сягати до 80%. Рідка фаза може використовуватись в якості сировини для отримання дизельного палива, бензину, розчинників, олив, а може безпосередньо використовуватись в якості котельного палива.

3.6 ПРИНЦИПИ КОМПЛЕКСНОГО УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ. ІЄРАРХІЯ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ

Термін «управління відходами» ширше понять «переробка», «утилізація» і поводження з відходами, так як включає організацію збору відходів, їх утилізацію, в тому числі переробку, спалювання, поховання, а також заходи щодо зменшення кількості відходів. Відомий експерт з проблеми відходів Пол Кеннет помітив, що сміття - це не речовина, а мистецтво змішувати разом різні корисні речі і предмети. При змішуванні різних корисних предметів з відпрацьованими, токсичних речовин з безпечними, горючих з негорючими виходить марна, токсична суміш, яка погано горить та становить небезпеку для людей та оточуючого середовища.

Всі частини цієї суміші можна вжити знову (рецикл), використати для отримання нових речей (утилізація), повернути назад в природу (компостування). Побутові відходи - це не сміття, а джерело цінної сировини.

Традиційні підходи до проблеми ТПВ орієнтувалися на очистку фільтрату зі звалища або газу від ССЗ. Нетрадиційний погляд на проблему полягає в тому, що простіше контролювати те, що потрапляє на смітник, ніж те, що потрапляє зі звалища в навколишнє середовище.

За останні роки стратегія управління відходами зазнала суттєвих змін. У розвинених країнах в кінці ХХ століття прийнята концепція комплексного управління побутовими відходами (КУВ), яка полягає в тому, що побутові відходи складаються з різних компонентів, які не повинні змішуватися між собою, а утилізуватися окремо один від одного. КУВ пропонує, що в доповненні до традиційних способів - спалювання та захоронення - невід'ємною частиною утилізації відходів повинні стати заходи щодо скорочення кількості відходів, вторинна переробка відходів, компостування.

Ефективному вирішенню проблеми ТПВ може сприяти тільки комбінація декількох взаємодоповнюючих програм і заходів. КУВ полягає в наступному:

- ТПВ складаються з різних компонентів, до яких повинні застосовуватися різні підходи.
- Для утилізації кожного компонента ТПВ повинна використовуватися своя технологія - вторинна переробка, компостування, захоронення на полігоні або спалювання, але технології повинні розроблятися в комплексі, доповнюючи один одного.

Ієрархія управління відходами, яка прийнята розвиненими країнами для виконання, зображена на (рис. 6). Ієрархія має на увазі, що в першу чергу повинні розглядатися заходи по первинному скорочення відходів, потім повторного використання, тобто вторинного скорочення і в найостаннішу чергу - заходи щодо утилізації або захоронення тих відходів, які не піддаються переробки.



Рис. 6 Ієрархія управління відходами

Під скороченням розуміється зменшення загальної кількості відходів і зниження їх токсичності. Скорочення відходів досягається шляхом переорієнтації

виробників і споживачів на продукти і упаковку, що призводять до меншої кількості відходів. У західних країнах кампанія за скороченням відходів спрямована проти зайвої і упаковки, що важко переробляється. Слід зазначити, що значна кількість пластикових упаковок, які використовуються сьогодні, є антиекологічними, наприклад, літрові пакети, в яких продається сік, складаються з фольги, пластику і картону; еластичні пляшки для кетчупу виробляють з декількох типів пластика. Така упаковка практично не піддається вторинній переробці.

Наступним етапом в ієрархії є поділ відходів, яке дозволяє виділити токсичні компоненти, вторсировина для вторинної переробки, органічні компоненти для спалювання або компостування.

Основною проблемою в переробці вторинної сировини є не відсутність технології переробки, а відділення вторсировини від сміття і розділити різні компоненти сміття. Видалення вторсировини з потоку відходів є найбільш дорогим і складним.

4. МІЖНАРОДНІ УГОДИ ПРО БОРотьБУ ЗІ ЗМІНОЮ КЛІМАТУ. ЗАКОНОДАВЧІ АКТИ, ПРОГРАМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ СЕРТИФІКАЦІЇ ТА ЕКОЛОГІЧНЕ МАРКУВАННЯ

4.1 КІОТСЬКИЙ ПРОТОКОЛ ТА ПАРИЗЬКА УГОДА

В 1992 р. на Світовому саміті в Ріо-де-Жанейро була прийнята **Рамкова конвенція ООН про зміну клімату** (РКЗК ООН, *United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)*), яка стала стрижнем зусиль світової спільноти з відвернення глобального потепління. Ведена в дію в березні 1998 р. Головною метою Конвенції стала "стабілізація концентрації парникових газів в атмосфері на рівні, що запобігає небезпечному антропогенному втручання в кліматичну систему." Для втілення в життя даного документу та визначення зобов'язань було розроблено додатковий документ - Кіотський протокол. Кіотський протокол було ратифіковано 191 країною світу, окрім США, які підписали, але не ратифікували угоду.

Кіотський протокол — це міжнародна угода про обмеження викидів в атмосферу парникових газів. Головна мета угоди: стабілізувати рівень концентрації парникових газів в атмосфері на рівні, який не допускав би небезпечного антропогенного впливу на кліматичну систему планети. Протокол зобов'язує розвинуті країни та країни з перехідною економікою скоротити або стабілізувати викиди парникових газів у 2008-2012 роках до рівня 1990 року. Протоколом було узгоджено, що країни-учасниці зобов'язані зменшити середньорічні обсяги викидів парникових газів в період 2008—2012 рр. в середньому на 5,2 % (у порівнянні з 1990 р.). Окреме зобов'язання щодо їх зниження взяли Японія — на 6 %, США — на 7 % та ЄС — на 8 %. В межах ЄС на окремі країни були накладені різні обмеження. Зокрема, в червні 1998 року Міністри навколишнього середовища країн ЄС своєю постановою зобов'язали Австрію зменшити їх викиди на 13 % (для порівняння: північні країни ЄС зобов'язались досягти максимального їх пониження, на 28 %) [16].

В 2015 р. була підписана **Паризька угода** в рамках Рамкової конвенції ООН про зміну клімату (UNFCCC) щодо регулювання заходів зі зменшення викидів діоксиду вуглецю з 2020 р. Паризька хартія має прийти на зміну Кіотському протоколу. Текст угоди було погоджено на 21-й Конференції учасників UNFCCC в

Парижі та прийнято консенсусом 12 грудня 2015. Угода набрала чинності 4 листопада 2016 року. На відміну від Кіотського протоколу, Паризька кліматична угода передбачає, що зобов'язання зі скорочення шкідливих викидів ув атмосферу беруть на себе всі держави, незалежно від ступеня їхнього економічного розвитку.

Станом на 26 липня 2016 року, угоду підписали 177 країн та Європейський Союз, 22 з цих країн ратифікували угоду.

Україна підписала Угоду 22 квітня 2016 року в м. Нью-Йорк. Верховна Рада України її ратифікувала 14 липня 2016 року. Президент України Петро Порошенко підписав закон «Про ратифікацію Паризької угоди» 1 серпня 2016 року.

Угода набрала чинності 4 листопада 2016 року після того, як 5 жовтня до неї приєдналися Канада, Болівія, Непал, Європейський Союз і низка країн ЄС. На той момент угоду ратифікували 72 країни, на які припадає понад 56 % викидів парникових газів у світі. Умовою для вступу угоди в силу була ратифікація 55 країнами, на які припадає принаймні 55 % загальносвітового обсягу викидів парникових газів.

4.2 ПРОГРАМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ СЕРТИФІКАЦІЇ

Для встановлення зв'язку між оточуючим середовищем та упаковкою в багатьох країнах створені екологічні символи (логотипи або маркування), якими позначають упаковку, що не наносить шкоду оточуючому середовищу або таку, що підлягає збору в рамках певної програми (рис.7).

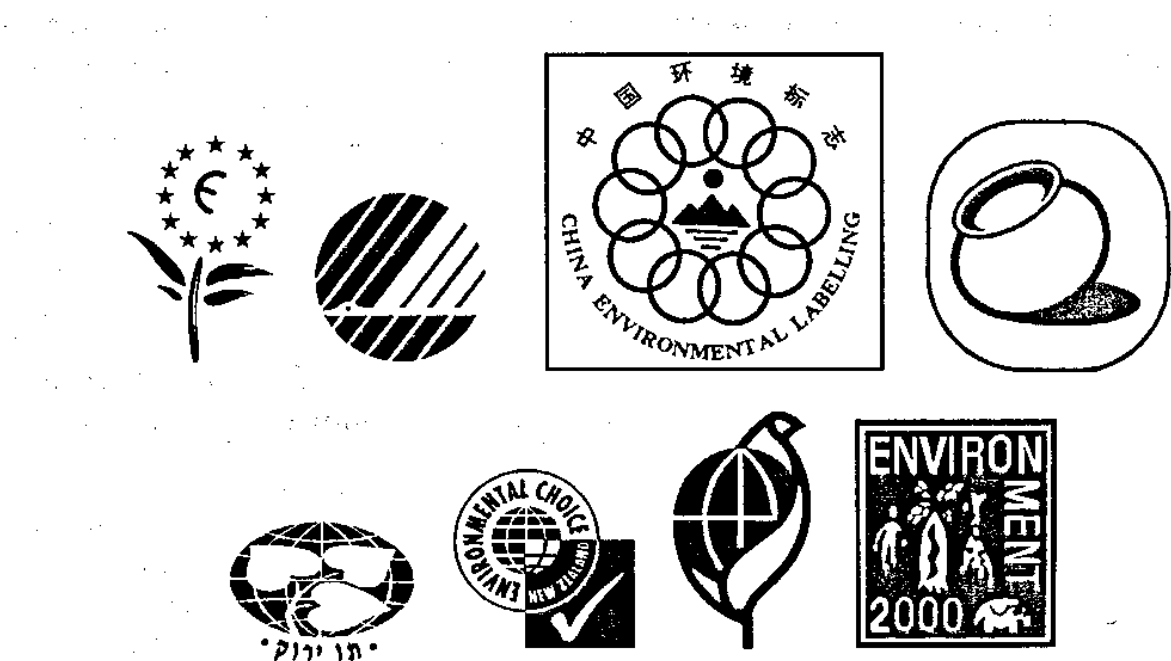


Рис.7 Екологічні символи для маркування упаковки в різних країнах: верхній ряд (зліва направо) Європейський Союз, Північна рада, Китай, Індія; нижній ряд (зліва направо) Ізраїль, Нова Зеландія, Тайвань, Зимбабве.

В Сполучених Штатах існують дві організації, які сертифікують продукцію згідно екологічним вимогам: заснована в 1984 р. Scientific Certification Systems (штат Каліфорнія) – встановлює наявність матеріала, що утилізується та здатен до біорозкладання та екологічну характеристику впливу на оточуюче середовище усіх

факторів та Green Seal Inc. (м. Вашингтон, округ Колумбія), яка займається тільки продуктами [1].

В Канаді створена програму добровільної сертифікації - Програма екологічного вибору, в рамках якої розробляються нормативи по різних продуктах, які в подальшому можуть отримати ліцензію на використання екологічного логотипу (рис.8)



Рис. 8 Канадський екологічний логотип «Екологічний вибір», який супроводжується написом відповідно до нормативу (наприклад «100% складається із переробленого паперу»)

В 1989 р. Канадська рада з оточуючого середовища поставила мету знизити до 2000 р. відходи упакувань на 50%. Національна комісія з упаковки створила Національний протокол з упаковки, у який ввійшли наступні положення:

- будь-яка упаковка повинна мати мінімальний вплив на оточуюче середовище;
- розробка упаковки повинно відповідати вимогам зменшення об'єму, повторного використання та переробки;
- необхідно проводити спеціальну освітню програму ознайомлення всіх громадян з функціями і впливом упаковки на оточуюче середовище;
- екологічні норми повинні поширюватися на всю упаковку, включно імпорту;
- запровадження спеціальних нормативів для досягнення відповідності прийнятим положенням;
- відповідність цим положенням всіх державних рішень.

В 1994 р. в Європі було прийнято Директиву по упаковці та її відходах, яка вступила в силу в 1996 р. Директива на той час об'єднувала 15 країн-членів Європейського Союзу. Основні критерії директиві наступні: вся побутова, торгівельна та промислова упаковка, виготовлена або ввезена в ЕС, до 1999 р. повинна характеризуватися рівнем повернення 50-65% (за масою) та перероблятися на рівні 25-45%. Крім того, рівень переробки будь-якого конкретного матеріалу не може бути нижче 15%.

Матеріал упакувань повинен кодуватися літеро-цифровим кодом в 7 категоріях: пластмаса, папір, метал, деревина, тканина, скло та композити, а саме: пластмаси - від 1 до 19; папір і картон - від 20 до 39; метали - від 40 до 49; деревина - від 50 до 59; текстиль - від 60 до 69; скло - від 70 до 79. У свою чергу, для пластмас встановлені цифрові позначення: 1 – ПЕТ (поліетилентерефталат); 2 – ПЕНГ (поліетилен низької густини); 3 – ПВХ (полівінілхлорид); 4 – ПЕВГ (поліетилен високої густини); 5 – ПП (поліпропілен); 6 – ПС (полістирол); 7 - інші полімери.

Відповідно до вимог Директиви ЄС будь-яка упаковка повинна бути відмічений наступними символами:

- повторне або багаторазове використання;
- підлягає вторинній переробці - знак «петля Мьобіуса»;
- частково або повністю зроблена з вторинної переробленої сировини (ВПС) із зазначенням його відсоткового вмісту (рис. 9)

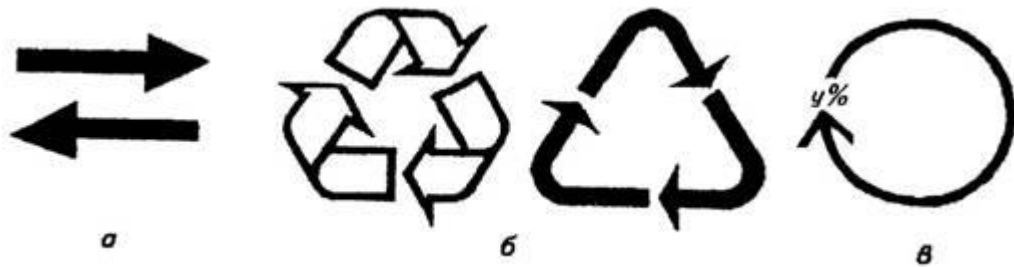


Рис. 9 Маркування ЄС: а) - повторне і багаторазове використання; б) - підлягає вторинній переробці; в) - частково або повністю зроблена з ВПС із зазначенням його відсоткового вмісту.

В результаті введення в дію цієї директиви частка переробки за різними видами матеріалів значно зросла в 1995 р порівняно з 1980 р. (табл.7) [1].

Таблиця 7 - Частка тари, що переробляється в ЄС

Матеріал	Частка переробки, рік, %	
	1980 р.	1995 р.
Скло	5	37
Стальні банки	5	60
Алюмінієві банки	37	62
Папір та картон	27	45
Пластмасові пляшки	4	22

Німеччина традиційно пред'являє високі вимоги до переробки відходів. Біля 89% споживачів відділяють відходи упаковки від побутового сміття, 79% упаковки збиралося в місцях продажу товару та 77% повторно перероблялося (дані 1994 р.). Отримала поширення і поза Німеччини система зеленої крапки (Der grüne Punkt), яка розроблена для збору та переробки первинних пакувальних матеріалів. Члени програми платять за використання цього символу на своїх пакуваннях в залежності від матеріалу та об'єму продаж і ці кошти направляються на переробку упаковок. Ще одним символом є блакитний ангел, який використовується для транспортної тари та ящиків, що повертаються (рис.10).



Рис. 10 Екологічні логотипи Німеччини - «Зелена крапка» та «Голубий ангел»

Крім того на упаковці присутні знаки, які закликають до збереження навколишнього середовища (рис. 11) та знаки, що попереджають про небезпеку виробу для оточуючого середовища (рис. 12)

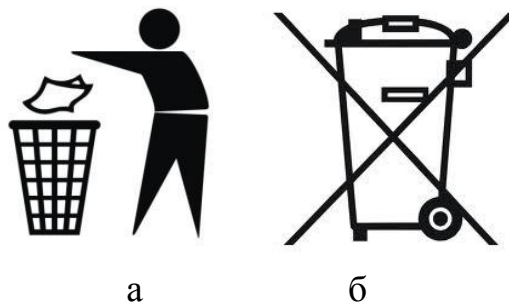


Рис.11 Знаки про спосіб збирання: а) - «викидати у смітник»; б) - «потребує окремого збирання».



Рис.12 Знаки про небезпеку: а) - спеціальний знак для позначення речовин, які становлять небезпеку для морської флори і фауни, при їх перевезенні водними шляхами; б) - "небезпечно для оточуючого середовища"

4.3 ЗАКОНОДАВСТВО УКРАЇНИ ЩОДО ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ

В Україні щодо поводження з відходами в 1998 р. прийнято Закон України «Про відходи» № 187/98-ВР, в якому дані основні визначення щодо транспортування, складування, сортування, захоронення відходів.

- **Поводження з відходами** - дії, спрямовані на запобігання утворенню відходів, їх збирання, перевезення, зберігання, оброблення, утилізацію, видалення, знешкодження і захоронення, включаючи контроль за цими операціями та нагляд за місцями видалення;
- **збирання відходів** - діяльність, пов'язана з вилученням, накопиченням і розміщенням відходів у спеціально відведених місцях чи об'єктах, включаючи сортування відходів з метою подальшої утилізації чи видалення;
- **зберігання відходів** - тимчасове розміщення відходів у спеціально відведених місцях чи об'єктах (до їх утилізації чи видалення);
- **оброблення (перероблення) відходів** - здійснення будь-яких технологічних операцій, пов'язаних із зміною фізичних, хімічних чи біологічних властивостей відходів, з метою підготовки їх доекологічно безпечного зберігання, перевезення, утилізації чи видалення;
- **перевезення відходів** - транспортування відходів від місць їх утворення або зберігання до місць чи об'єктів оброблення, утилізації чи видалення;

- **утилізація відходів** - використання відходів як вторинних матеріальних чи енергетичних ресурсів;
- **видалення відходів** - здійснення операцій з відходами, що не призводять до їх утилізації;
- **знешкодження відходів** - зменшення чи усунення небезпечності відходів шляхом механічного, фізико-хімічного чи біологічного оброблення;
- **захоронення відходів** - остаточне розміщення відходів при їх видаленні у спеціально відведених місцях чи на об'єктах таким чином, щоб довгостроковий шкідливий вплив відходів на навколишнє природне середовище та здоров'я людини не перевищував установлених нормативів;
- **об'єкти поводження з відходами** - місця чи об'єкти, що використовуються для збирання, зберігання, оброблення, утилізації, видалення, знешкодження та захоронення відходів;
- **спеціально відведені місця чи об'єкти** - місця чи об'єкти (місця розміщення відходів, сховища, полігони, комплекси, споруди, ділянки надр тощо), на використання яких отримано дозвіл спеціально уповноважених органів на видалення відходів чи здійснення інших операцій з відходами;
- **операції поводження з відходами** - збирання, перевезення, зберігання, оброблення(перероблення), утилізація, видалення, знешкодження і захоронення відходів;
- **розміщення відходів** - зберігання та захоронення відходів у спеціально відведених для цього місцях чи об'єктах.

Згідно статті 32 Закону України "Про відходи", до якої був доданий відповідний пункт ще у 2012 році, з 1 січня 2018 року Україна зобов'язалася сортувати все сміття за видами матеріалів, а також розділяти його на придатне для повторного використання, для захоронення та небезпечне.

Цей пункт відповідає двом Директивам ЄС – 1999/31/ЕС та 2008/98/ЕС, які врегульовують поводження зі сміттям у країнах Європи, надають чітку послідовність дій, які необхідно виконувати із відходами, класифікують сміття, ставлять стратегічну мету скоротити кількість відходів, які вивозять на полігони [17]. «Проект Закону про упаковку та відходи упаковки» знаходиться в цей час на доопрацюванні [18].

5 СОРТУВАННЯ ТА ЗБАГАЧЕННЯ ВІДХОДІВ, ЩО ПЕРЕРОБЛЯЮТЬСЯ

При залученні відходів у промислову переробку особливу роль відіграють збагачувальні процеси в якості підготовчих операцій, що дозволяють виділити ті чи інші цінні компоненти для вторинного використання, видалити небезпечні компоненти та оптимізувати склад відходів з метою подальшого рециклінгу. Збагачення ТПВ має деякі особливості у виборі процесів і апаратів. Процеси, ідентичні для інших об'єктів збагачення (наприклад, корисних копалин, стосовно ТПВ характеризуються своїм режимом, мають відмінні деталі і особливості.

Число збагачувальних операцій, їх вид і послідовність в технологічній схемі залежить від морфологічного і гранулометричного складу, вологості відходів, визначається завданнями сортування в кожному конкретному випадку [19]. Якість розділення при механізованому сортуванні фракцій нижче, ніж при ручному сортуванні. Основними відділеними компонентами є в основному чорні і кольорові метали, вміст яких у відходах постійно зростає. Метали необхідно

виділяти також і з причини унеможливлення їх потрапляння в процеси спалювання і ферментації.

Досягнутий рівень європейської практики - 60-65%-ний вихід вторинних ресурсів на основі їх селективного збору. Тому сьогодні основним напрямком сепарації змішаних відходів є їх механізована сортування (включаючи сортування вторресурсів).

5.1 ПРОЦЕС СОРТУВАННЯ ТПВ (ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ДОСВІД)

Сортування буває ручне та механізоване. Основною метою комплексного сортування є максимальне механізоване видалення з усієї маси ТПВ компонентів, придатних до повторного використання.

Механічне сортування ТПВ на європейських сортувальних заводах починається з операції грохочення в барабанному гуркоті з отворами 100 мм (вихідні ТПВ, які доставляються на завод в поліетиленових мішках, характеризуються невисокою вологістю і низьким вмістом текстильних компонентів). Фракція -100 мм проходить другу стадію просівання в барабанному гуркоті (за класом 10 мм) і направляється на компостування; фракція -10 мм на вигляд вона являє собою землистий продукт, є відвальною та не підлягає подальшій утилізації так як вважається, що дрібні частинки адсорбують токсичні і шкідливі речовини, які можуть забруднювати компост. Вихід збагаченої органічної фракції, що спрямовується на компостування - близько 25% по масі (від вихідного).

Сепарація. Фракція +100 мм піддається одностадійній магнітній сепарації і потім – аеросепарації. В місці перевантаження з конвеєра на конвеєр матеріал піддається відсмоктуванню току повітря, легкі компоненти при цьому засмоктуються повітрям і виносяться в циклон. Важка фракція аеросепарації є відвальною, її вихід (спільно з класом -10 мм просівання) становить близько 60%, тобто ступінь утилізації ТПВ на заводі не перевищує 40%. Особливістю технологічної схеми (рис. 13) є операція поділу плівки і паперу. Для поділу цих компонентів застосовується виборче дроблення, що використовує відмінність в еластичності плівки і паперу, потім просівання в барабанному гуркоті за класом 200 мм і потім - аеросепарація класу +200 мм; вихід легкої фракції аеросепарації складає 1-1,5%, вона переважно містить плівку. В клас просівання -200 мм потрапляє переважно папір, ця фракція направляється на виробництво паливних брикетів.

Переваги сміттесортувальних комплексів:

1. Збільшення терміну експлуатації полігону в 3-4 рази і зменшення його площі в 5-6 разів (при використанні технології повної переробки ТПВ необхідність у використанні полігонів може відпасти)
2. зменшення біологічної та хімічної активності брикетованих відходів.
3. зменшення витрат на транспортування та розміщення ТПВ в 6-8 разів.

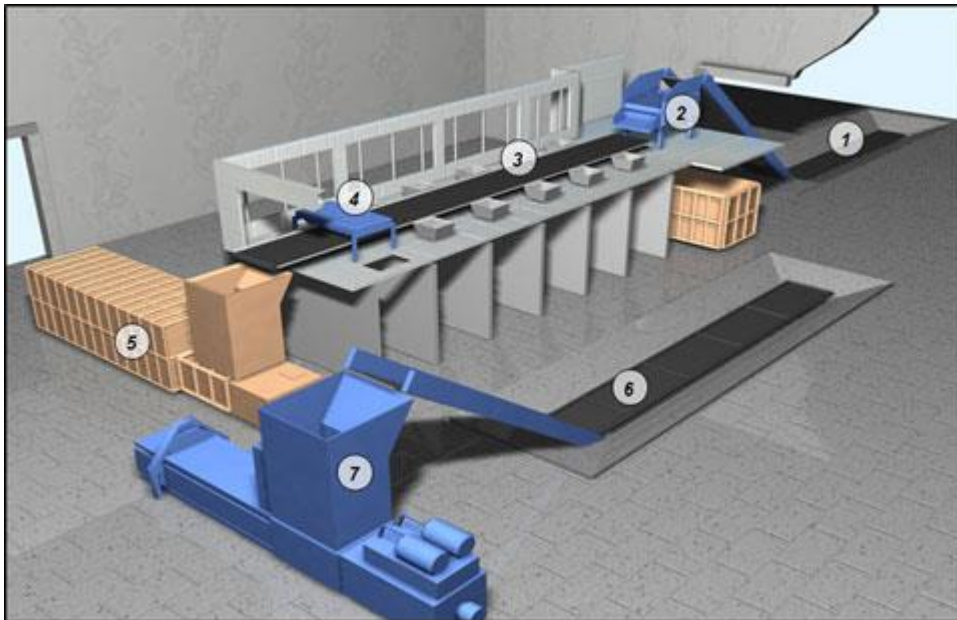


Рис. 13 - Склад сміттесортувального комплексу SACRIA (Італія)

- 1 – конвеєр, який подає ТПВ зі сміттєвозів надходить на переробний комплекс, де відбирається великогабаритне сміття;
- 2 - динамічний сепаратор, який відокремлює дрібну фракцію відходів, яка не використовується як вторинна сировина;
- 3 - сортувальний конвеєр (сортування та відбір вторсировини: картону, паперу, пластику, тощо);
- 4 - магнітний сепаратор (відокремлює чорний і кольорові метали)
- 5 - прес-контейнер (компактування залишків ТПВ після сортування)
- 6 – конвеєр, що подає до преса (для подачі в прес відсортованої вторсировини)
- 7 - прес-брикетувальник (для пресування вторсировини в брикети).

5.2 ОСНОВНІ СПОСОБИ ВИДІЛЕННЯ УТИЛЬНИХ КОМПОНЕНТІВ

У кожній конкретній схемі заводу використовують, як правило, свій набір технологічного обладнання, що дозволяє в більшій чи меншій мірі відібрати утильні фракції. В табл. 8 представлені основні компоненти та методи їх сепарації.

Таблица 8 – Основні способи вилучення утильних компонентів

Утильний компонент	Спосіб вилучення
Чорний метал	електромагнітна сепарація
Кольоровий метал	видалення за допомогою змінного магнітного поля «що біжить»; дроблення і пневмовібраційна сепарація
Папір	пневматична поділ фракцій за швидкістю витання в потоці повітря; гідролульпація і осадження тонковолокнистих фракцій
Текстиль	«сухе» витягання в циліндричних грохотах з гачками (відельчаті установки); сепарація за рахунок збереження

	міцності (на відміну від паперу) при змочуванні і перетирання
Синтетична плівка	пневматичний поділ за швидкістю витання в потоці повітря; сепарація за рахунок збереження міцності при змочуванні і перетиранні, електростатична сепарація
Скло	«мокра» сепарація в циклонах; пневматичне відділення у висхідному потоці повітря за швидкістю витання; сепарація в металевих з відбивною плитою за пружністю і балістичними властивостями

6 ОСНОВНІ ВИДИ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗБОРУ ТА УТИЛІЗАЦІЇ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

6.1 ПРЕСИ ТА ДРОБАРКИ

До основних видів обладнання для збору та переробки побутових відходів відносяться преси та дробарки.

Преси в свою чергу поділяються на:

- преси брикетувальні;
- прес - контейнери;
- преси пакетувальні.

Брикетувальні преси поділяються на:

1. *Вертикальні преси* призначені для пакетування макулатури, картону, пластмаси, пластикових пляшок, плівки, різних видів упаковки, текстилю, алюмінієвих банок та бляшанок та іншого об'ємного сміття.

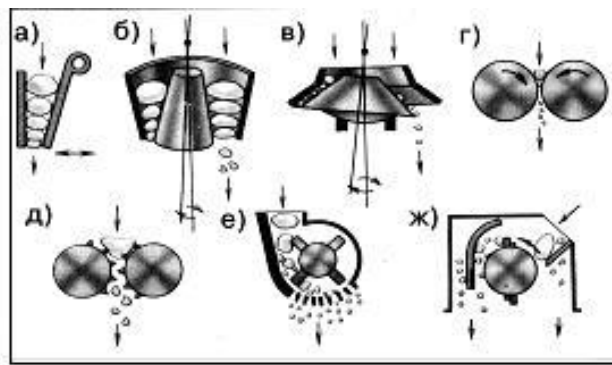
2. *Горизонтальні преси* – застосовуються для великої кількості відходів, що регулярно утворюється і автоматизації їх брикетування.

3. *Спеціальні преси* - це преси спеціального призначення, вони дозволяють утилізувати продукти в заповненій тарі та упаковці: молоко, сік, вино в пакетах, йогурти, майонез, сирки, консерви, ПЕТ-пляшки, банки з під напоїв, аерозольні банки та ін.

Прес-контейнери - це економічне і функціональне рішення для мінімізації витрат з вивезення та утилізації будь-яких відходів. Використання прес-контейнера дозволяє ущільнювати сміття в 5-8 разів та тим самим скорочувати кількість вивезень заповненого контейнера.

Пакетувальні преси призначені для пакетування різних видів відходів: макулатури, картону, паперу, пористих матеріалів (поролону), відходів текстилю, ПЕТ пляшок, металевих банок і бочок, різних відходів пластмас, поліетилену. Можуть використовуватися в приймальних пунктах вторинної сировини, магазинах, готелях, друкарнях, торгових центрах, в галузях легкої та харчової промисловості. За допомогою пакетувальних пресів виготовляються компактні пакунки відсортованих матеріалів, які придатні для вторинного використання та переробки.

Дробарка – це машина, призначена для дроблення та подрібнення твердих матеріалів. Розрізняють щоківі, конусні, валкові, молоткові і роторні дробарки, дробарки спеціального призначення (рис.4.2)



Принципові схеми дробарок: а - щокова; б - конусна крупного дроблення; в - конусна середнього і дрібного дроблення; г - валкова; д - валково-зубчаста; е - молоткова; ж - роторна.

Рис. 14 – Принципові схеми дробарок [20]

Щоківі дробарка - це дробарка, в якій матеріал дробиться шляхом роздавлювання між щокми. Щоківі дробарки бувають: з простим рухом щокми та зі складним рухом щокми. Дробарки щоківі, в основному, використовуються на першій стадії дроблення.

Конусна дробарка - це більш складний і надійний механізм дроблення матеріалів. Конусні дробарки бувають крупного дроблення, середнього дроблення та дрібного дроблення. Конусна дробарка складається з рухомого конуса і нерухомого конуса. Рухомий конус здійснює круговий кочення, тим самим роздавлюючи матеріал, який потрапляє між конусами.

Валкова дробарка працює шляхом роздавлювання матеріалу, що подається зверху, між валками. За конструктивною схемою валкові дробарки поділяються на: одновалкові дробарки, двохвалкові дробарки, тривалкові дробарки, чотирехвалкову дробарки. Дробарки валкові випускаються з рифленими валками та гладкими валками.

Роторна (молоткова) дробарка складається з масивного ротора, двох підшипників і корпусу. Роторні дробарки поділяються на: роторна однокамерна дробарка з відбивними плитами, роторна трехкамерная дробарка з відбивними плитами, роторна дробарка двухкамерная з колосниковими ґратами, реверсивна роторна дробарка, роторна дробарка одноступінчастого дроблення з двома роторами, роторна дробарка двоступеневого подрібнення з двома роторами. На роторі жорстко закріплені молотки, на корпусі - відбійні плити. При обертанні ротора руйнування матеріалу відбувається за допомогою удару.

6.2 ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ТПВ

Живильник (рис. 14)- пристрій для рівномірної і регульованою подачі насипних і штучних вантажів з бункерів, завантажувальних лотків, магазинів та ін. Завантажувальних пристроїв до транспортуючих і переробним машинам (верстатів, млинів, гуркіт і т.п.).

Ланцюговий пластинчастий конвеєр призначений для транспортування ТПВ і виготовляється горизонтально-нахиленим, з перегинами траси у вертикальній площині з пересипними пристроями. Перевагами конвеєрів пластинчастих є можливість транспортувати важкі крупношматкові і гарячі

вантажі. Тяговим елементом конвеєрів пластинчастих є одна або дві пластинчасті ланцюги. Елементом що несе вантаж є настил. Настил виконується з бортами і без них і в залежності від вантажу має різну конфігурацію. Залежно від форми настилу на конвеєрах пластинчастих можна переміщати насипний вантаж під кутом до 60°.

Грейферний кран. Грейфер (рис. 15) застосовують для перевантаження і транспортування на невеликі відстані сипучих і кускових вантажів, лісоматеріалів і ін. Грейфер для сипучих вантажів працює за принципом підгортання і захоплення вантажу. Для кращого забору вантажу щелепи грейфера забезпечені зубами. Застосування грейфера дозволяє повністю автоматизувати операції захоплення і звільнення різних вантажів.



Рис.14 Гідромеханічний кроковий живильник



Рис.15 Грейферний кран

Стрічковий конвеєр призначений для транспортування ТПВ. Прямий стрічковий конвеєр з захисними бортами використовується для переміщення вантажів з встановленими бортами з метою запобігання випаданню вантажу з рухомої конвеєрної стрічки. Захисний борт транспортера застосовується для мінімізації просипи сипучих та дрібноштучного вантажу з конвеєра. Захисний борт на конвеєрі може встановлюватися з регулюванням по ширині стрічки в якості направляючих і для розділення потоків вантажу на стрічковому конвеєрі.

Камера ручного сортування застосовується для сортування скла, паперу (як листів так і крихти), пластмаси, взуття і т.д. Ручне сортування відходів є невід'ємною частиною технології утилізації відходів. Сортируючи відходи, робочі поділяють їх на пластик, поліетилен, пластикові пляшки, кольорові метали і т. Д. Сортивальні кабінки використовуються для відділення вручну різних матеріалів, призначених для вторинної переробки, таких як деревина, кольорові метали і пластмаси. Вони складаються з сортувальних стрічок і збірних бункерів, розташованих в світлих, просторих і безпечних умовах. Стрічки в сортувальній кабінці можуть використовуватися для позитивного або негативного відбору. Сортивальні кабінки можуть доповнюватися системами підігріву, кондиціонування повітря і створення всередині кабін надлишкового тиску.

Барабанне сито (рис.16) призначене для відсіву найбільш дрібної і важкої фракції твердих побутових відходів. Устаткування має високий ступінь переробки, високу ефективність просіювання, розділення по фракціях і т.д.

Повітряний сепаратор. Дана установка призначена спеціально для сортування легкого сміття (папір, пластик, плівка) від важкого. Сортування проводиться по щільності легких і важких речовин.

Разривач пакетів - одне з основних обладнань в системі сортування сміття. Воно використовується для розрізання пакетів зі сміттям. Усередині установки обертаються 2 ножа.

Магнітні сепаратори (рис. 17) призначені для видалення із змішаних матеріалів, які проявляють магнітні властивості. Основний елемент даних сепараторів - постійний магніт або електромагніт.

Сепаратор для кольорових металів: в основі його роботи використовуються вихрові струми. Цей сепаратор дозволяє відокремлювати кольорові метали від пластмаси, скла, електронного скрапу, сміття та інших матеріалів, призначених для вторинної переробки.



Рис. 16 Барабанне сито



Рис. 17 Магнітний сепаратор

Сортувальник з ближнім інфрачервоним випромінюванням. Сортування матеріалів знаходиться у комбінації з необхідним програмним забезпеченням. Інфрачервона спектроскопія дозволяє здійснювати швидкий збір даних, запис спектра протягом мілісекунди і аналізувати компоненти матеріалу. Інфрачервона ідентифікація застосовується на великих станціях по переробці відходів для розпізнавання до шести різних матеріалів. Повністю процес поділу складається з вивільнення тюків, просіювання, захоплення, відбору пляшок для одиночного пред'явлення ІК-датчикам, розпізнавання, відділення. На останньому щаблі пластмаси відкидаються в відповідну секцію станції. На основі застосування датчиків, що працюють в СІЧ (середня інфрачервона область), на заводах по вторинній переробці пластмасових відходів ідентифікується до 30 різних полімерних матеріалів.

7 ОБЛАДНАННЯ ТА СПОСОБИ РОЗДІЛЕННЯ ТВЕРДИХ ФАЗ

7. 1 РОЗДІЛЕННЯ ФАЗ ШЛЯХОМ ГІДРОМЕХАНІЧНОГО СОРТУВАННЯ

На завод з технологією гидромеханічного сортування ТПВ з подальшою анаеробної переробкою органічних відходів надходять несортовані відходи. При цьому утилізується близько 85% відходів - істотно скорочуються експлуатаційні витрати на використання біозаводів, виробляється компост найвищої якості. Дана технологія дешевше за технологію сміттєспалення та має швидкий термін розгортання та короткий строк окупності (4-5 років). Технологія дозволяє:

зменшити:

- захоронення ТПВ на полігонах;
- забруднення від ТПВ;
- витрати на утилізацію ТПВ;

збільшити:

- відсоток переробки ТПВ;
- виробництво енергії з біовідходів;
- виробництво якісного компосту.

В процесі гідро-механічного поділу, відходи очищаються і сортуються на переробляє матеріали (вторсировина), а органічні відходи (біовідходи) за допомогою унікальних біо-методів, розкладаються на біогаз (газ-метан та CO₂) і на високоякісний компост. Схема технологічного процесу показана на рис. 18.

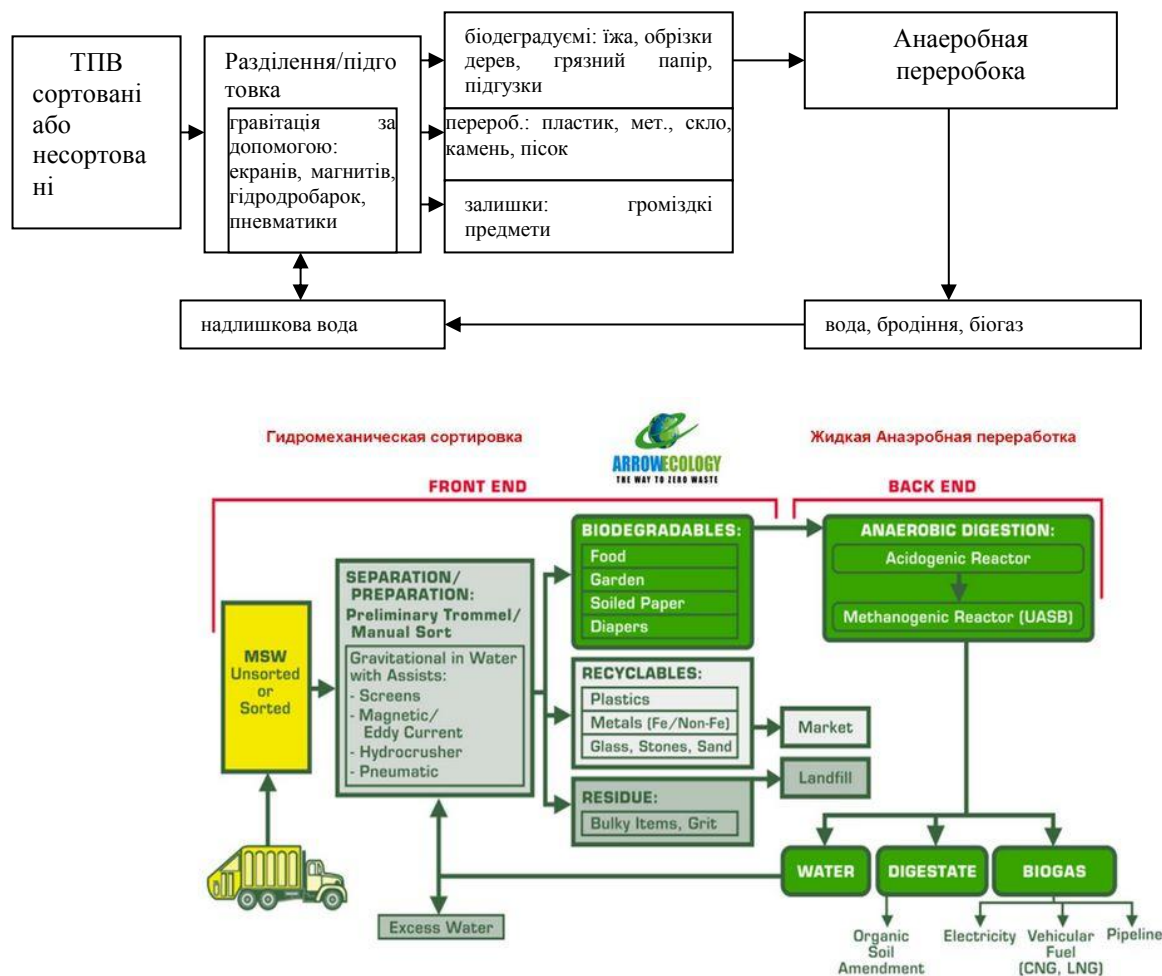


Рис. 18 Схема технології гидромеханічного сортування ТПВ з подальшою анаеробної переробкою органічних відходів, ізраїльська технологія ArrowEcology [21]

Метод гідросепарації має цілий ряд переваг. По - перше, вода вважається відмінним нейтралізатором запахів, таким чином, відходи, що проходять процес сортування, не виділяють в навколишнє середовище неприємного запаху. По - друге, при сортуванні і подальшій переробці не завдається шкоди навколишньому

середовищу, відповідно, будівництво сміттєпереробних заводів дозволяє зберегти екологічну чистоту довколишнього регіону [21].

7.2 ЕЛЕКТРОСТАТИЧНА СЕПАРАЦІЯ

Електростатична сепарація заснована на розділенні матеріалів за магнітними властивостями: якщо один або декілька матеріалів в зернистій суміші можуть набувати поверхневий заряд до або після входу в електростатичне поле, то вони будуть відштовхуватися від цього електрода і притягатися в напрямку другого електрода в залежності від знаку заряду частинок [22]. Завдяки цьому заряджені і незаряджені частинки збираються в різних жолобах, і таким чином здійснюється сепарація або збагачення. На рис. 19 показана принципова схема барабанного електричного сепаратора для розділення суміші матеріалів за електропровідністю. Вихідний матеріал з бункера 1 моношаром подається на заряджений барабан 2. У результаті заряджання частинок однойменною зарядом при контакті з барабаном вони відштовхуються від нього і, рухаючись по криволінійних траєкторіях, потрапляють в приймач для електропровідних фракцій 7. неелектропровідних частки, заряджаючись повільніше, падають без відхилення або частково утримуються на барабані і потрапляють в приймач 4 в результаті очищення поверхні барабана щіткою 3. Суміш часток матеріалів різної електропровідності концентрується в середньому приймачі 5. Регулювання якісного складу фракцій здійснюється поворотом перегородки для розділення 6.

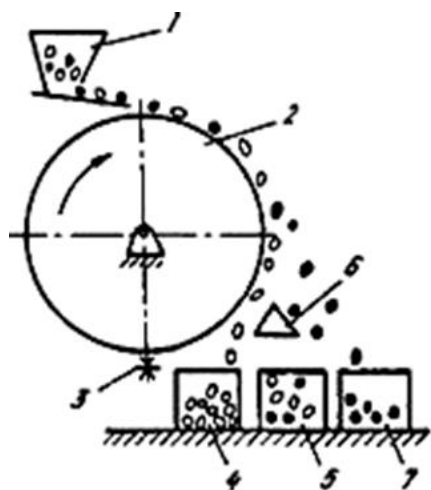


Рис.19 Принципова схема барабанного електричного сепаратора

На барабанних електростатичних сепараторах здійснюється поділ сипучих речовин, що мають різну питому електропровідність. На рис. 20 представлена конструкція такого сепаратора. Електростатичне поле створюється між некоронуючим високовольтним електродом 3 і заземленим барабаном (осаджувальним електродом) 2. Частинки поділюваних матеріалів з дозатора потрапляють на поверхню обертового барабана.

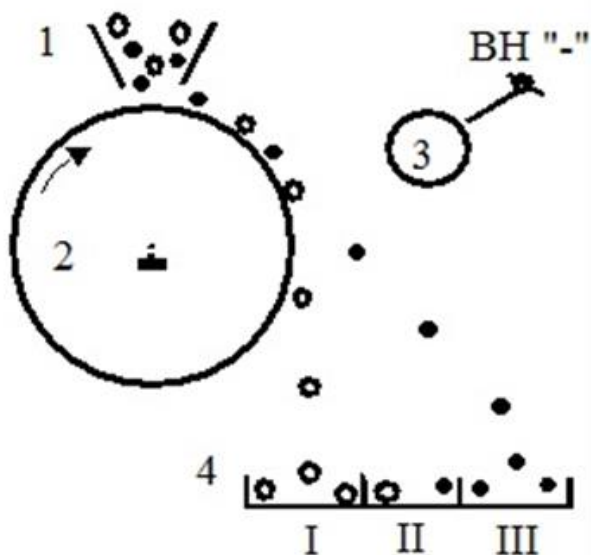


Рис. 20 Схема барабанного електростатичного сепаратора

- 1 - дозатор, 2 - металевий заземлений барабан (осаджувальний електрод),
 3 - некоронуючий високовольтний електрод,
 4 - приймач для непровідних частинок I, провідних частинок III і їх суміші II

Після переміщення їх в зону електростатичного поля частки, що є провідними, в результаті контактної зарядки набувають заряд протилежний за знаком потенціалу високовольтного електрода. Сила електричного поля, що виникає при цьому, відриває частинки від поверхні барабана і вони потрапляють в приймач III. Непровідні частки не встигають придбати надлишковий заряд і під дією сил тяжіння падають в приймач I. У приймач II потрапляє суміш з провідних і непровідних частинок, які не пройшли поділ.

Для більш ефективного розподілу матеріалів за електропровідністю використовують сепаратори, у яких заряд часток здійснюється в поле коронного розряду. Це призводить до появи заряду на непровідних частинках, причому того ж знаку, що і коронуючий електрод. Виникає електрична сила, що утримує ці частинки на поверхні барабана в зоні поділу матеріалів. Крім того, непровідні частки утримуються на поверхні барабана силами дзеркального відображення аж до видалення їх за допомогою шкребка. В результаті розділення провідних і непровідних матеріалів відбувається на різних сторонах поверхні барабана, що забезпечує більш селективне відділення провідників від непровідників.

Найбільшого поширення набули барабанні коронно-електростатичні сепаратори (рис. 21), у яких слідом за коронуючим електродом 3 розміщується високовольтний некоронуючий відхилюючий електрод 4. У цих сепараторах механізм зарядки частинок в зоні коронного розряду аналогічний попередній схемі. Введення в робочу зону додаткового електростатичного поля збільшує роль електричних сил, що сприяють більш раннього відхилення провідних частинок від барабана. Частинки діелектриків, при інших рівних умовах, утримуються на більшій ділянці периметра барабана. В результаті цього збільшується різниця в траєкторіях провідних і непровідних частинок. Таким чином, електродна система є найважливішим вузлом цих сепараторів

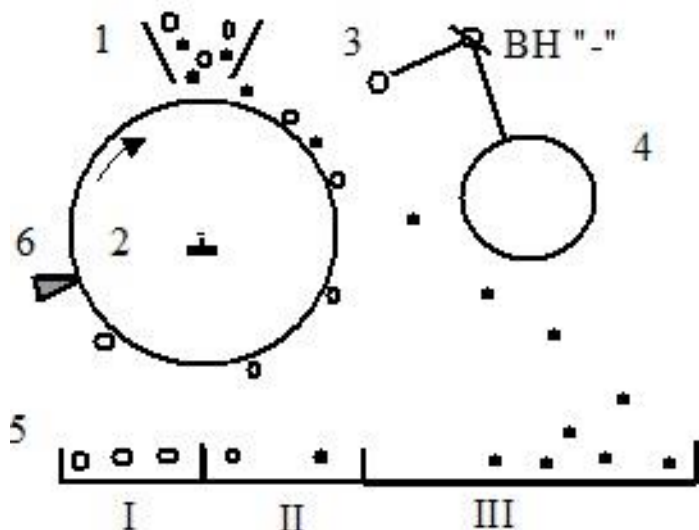


Рис.21. Схема барабанного коронно-електростатичного сепаратору:

1 - дозатор, 2 - металевий заземлений барабан (осаджувальний електрод), 3 - коронуючий високовольтний електрод, 4 - відхилюючий електрод, 5 - приймач для непровідних частинок I, частинок, які проводять III і їх суміші II, 6 – шкребок.

7.3 АЕРОСЕПАРАЦІЯ

Аеросепарація – це процес збагачення в рухомому газовому (як правило, повітряному) середовищі, оснований на використанні відмінностей в густині компонентів і їх швидкості витання. Аеросепарацію при збагаченні ТПВ застосовують для поділу потоку відходів на легку і важку фракції. При аеросепарації ТПВ в легку фракцію переходять макулатура, полімерні плівки, деякі тек стильні компоненти (в основному, синтетичні), вуличний змет і т.і. На поведінку легких компонентів в процесі аеросепарації вирішальним чинником є підйомна аеродинамічна сила, яка є рівнодіючою всіх сил (нормальних та тангенціальних), розподілених по поверхні частки, що знаходиться в газовому потоці. Аеродинамічна сила залежить як від параметрів частинок (форма, розміри, стан поверхні, положення в потоці), так і від параметрів повітряного потоку і системи пневмосепарування в цілому (швидкість повітря і її напрямок, режиму течії, рівномірність швидкісного потоку, ширину струменя, тощо) [23] .

8 СПОСОБИ УТИЛІЗАЦІЇ ПОЛІМЕРІВ

8.1 УТИЛІЗАЦІЯ ВІДХОДІВ ПОЛІОЛЕФІНІВ

Поліолефіни(ПО) - самий багатотоннажний вид термопластів. Вони знаходять широке застосування в різних галузях промисловості, транспорту і в сільському господарстві. До поліолефінів відносяться поліетилен високої і низької густини (ПЕВГ і ПЕНГ), поліпропілен (ПП). Найбільш ефективним способом утилізації відходів ПО є їх повторне використання.

Способи переробки відходів ПО залежать від марки полімеру і їх походження. Найбільш просто переробляються технологічні відходи. Не вимагають складних методів підготовки і відходи споживання з ПЕВГ і ПП. Такі відходи перед повторним використанням потребують тільки подрібнення і гранулювання. При переробці та експлуатації ПО відбуваються незворотні зміни їх

хімічних та фізико-механічних властивостей, що треба враховувати при повторній переробці. Вибір способу попередньої обробки залежить від джерела утворення відходів і ступеня їх забрудненості. Однорідні відходи виробництва і переробки ПЕНГ зазвичай переробляють на місці їх утворення, для чого потрібна незначна попередня обробка - подрібнення і грануляція. Відходи виробів, що вийшли з ужитку вимагають попередньої обробки відходів. Це може бути сільськогосподарська поліетиленова плівка, мішки з-під добрив, відходів з інших компактних джерел, а також змішані відходи, і включає наступні етапи: сортування і ідентифікація (для змішаних відходів), подрібнення, розділення змішаних відходів, мийка, сушка. Після цього матеріал піддають грануляції. На рис. 22 показана схема переробки сировини у гранулят.

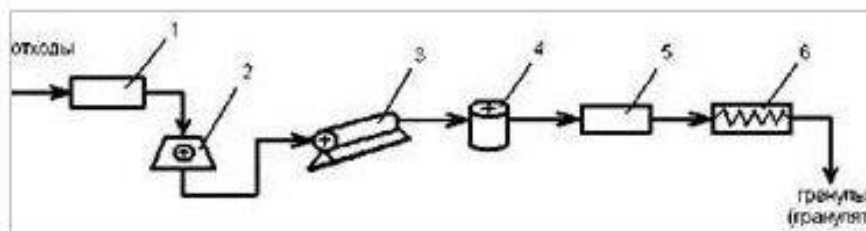


Рис. 22 Схема вторинної переробки поліолефінів в гранули

ПО-відходи, що вийшли з ужитку (з вмістом сторонніх домішок не більше 5%) зі складу сировини надходять на вузол сортування відходів 1, в процесі якого з них видаляють випадкові сторонні включення і сильно забруднені шматки. Відходи, які пройшли сортування, подрібнюють в ножових дробарках 2 мокрого або сухого подрібнення до отримання пухкої маси з розміром частинок 2 ... 9 мм. Далі подрібнені відходи подають на відмивання в мийну машину 3. Відмивання проводять в декілька прийомів спеціальними миючими розчинами. Віджату в центрифугі 4 масу з вологістю 10 ... 15% подають на остаточне зневоднення в сушильну установку 5 до залишкового вмісту води 0,2%, а потім в гранулятор 6. Грануляція є заключною стадією підготовки вторинної сировини для подальшої переробки у вироби. В процесі гранулювання відбувається ущільнення матеріалу, полегшується його подальша переробка, усереднюються характеристики вторинної сировини, внаслідок чого отримують матеріал, який можна переробляти на стандартному обладнанні.

8.2 ВТОРИННА ПЕРЕРОБКА ПОЛІВІНІЛХЛОРИДУ

У процесі переробки полімери піддаються впливу високих температур, зсувних напружень і окисленню, що призводить до зміни структури матеріалу, його технологічних та експлуатаційних властивостей. На зміну структури матеріалу головним чином впливають термічні і термоокислюючі процеси.

Полівінілхлорид (ПВХ) - один з найменш стабільних карбоцепних промислових полімерів. Реакція деструкції ПВХ – дегідрохлорування починається вже при температурах вище 100 ° С, а при 160 ° С реакція протікає дуже швидко. В результаті термоокислення ПВХ відбуваються агрегативні і дезагрегативні процеси - зшивання і деструкція.

Деструкція ПВХ супроводжується зміною початкового забарвлення полімеру через утворення хромофорних угруповань і істотним погіршенням

фізико-механічних, діелектричних та інших експлуатаційних характеристик. Внаслідок зшивання відбувається перетворення лінійних макромолекул в розгалужені і, в кінцевому рахунку, в зшиті тривимірні структури; при цьому значно погіршується розчинність полімеру і його здатність до переробки.

У випадку пластифікованого ПВХ зшивання зменшує сумісність пластифікатора з полімером, збільшує міграцію пластифікатора і необоротно погіршує експлуатаційні властивості матеріалів. Поряд з урахуванням впливу умов експлуатації і кратності переробки вторинних полімерних матеріалів, необхідно оцінювати раціональне співвідношення відходів і свіжої сировини в композиції, призначеної до переробки. Важливою характеристикою, що визначає принципову можливість вторинної переробки ПВХ відходів (допустимий час переробки, термін служби вторинного матеріалу або виробу), а також необхідність додаткового посилення стабілізуючої групи, є час термостабільності.

Методи переробки відходів полівінілхлоридних пластиків. Лиття під тиском.

Основними видами відходів на основі ненаповнених ПВХ є нежелатинізований пластизоль, технологічні відходи і браковані вироби. Існує наступна технологія переробки відходів пластизолу методами лиття під тиском. Відомо, що вироби з вторинних ПВХ-матеріалів задовільної якості можна отримати за пластизольною технологією. Процес включає подрібнення відходів плівок і листів, приготування пасти ПВХ в пластифікаторі, формування нового виробу методом лиття. Для переробки відходів методом лиття під тиском, як правило, застосовують машини, що працюють за типом інтрузії, з постійно обертаючимся шнеком, конструкція якого забезпечує мимовільний захват і гомогенізацію відходів. Одним з перспективних методів використання відходів ПВХ є багатокомпонентне лиття. При такому способі переробки виріб має зовнішній і внутрішній шари з різних матеріалів. Зовнішній шар - це, як правило, товарні пластмаси високої якості, стабілізовані, пофарбовані, мають гарний зовнішній вигляд. Внутрішній шар – вторинна полівінілхлоридна сировина. Переробка термопластів даним методом дозволяє значно економити дефіцитну первинну сировину, скорочуючи її споживання більш ніж в два рази.

Екструзія. В наш час одним з найбільш ефективних способів переробки відходів полімерних матеріалів на основі ПВХ з метою їх утилізації є метод пружнодеформаційного диспергування, заснований на явищі множинного руйнування в умовах комбінованого впливу на матеріал високого тиску і зсувної деформації при підвищеній температурі. Пружнодеформаційне диспергування попередньо грубодроблених матеріалів проводиться в одношнекових роторном диспергаторі. Використані відходи пластифікованих дубльованих пліткових матеріалів на різній основі (лінолеум на поліефірної тканинній основі, пеноплен на паперовій основі, штучна шкіра на бавовняної тканинній основі) переробляються в дисперсний однорідний вторинний матеріал, що представляє суміш ПВХ-пластиків з подрібненою основою з найбільш вірогідним розміром частинок 320 ... 615 мкм. Підвищення температури переробки ПВХ-матеріалів призводить до небажаної інтенсифікації деструкційних процесів в полімері, що виражається в потемнінні продукту. Підвищення ступеня завантаження і швидкості обертання шнека погіршує дисперсність матеріалу.

Для переробки відходів ПВХ можуть бути також використані двошнекові екструдери. У них досягається хороша гомогенізація суміші, а процес пластифікації здійснюється в більш м'яких умовах. Так як двошнекові екструдери працюють за принципом витіснення, то час перебування полімеру в них при температурі пластифікації чітко визначено і його затримка в зоні високих температур виключається. Це запобігає перегріванню та термодеструкцію матеріалу. Рівномірність проходження полімеру по циліндру забезпечує хороші умови для дегазації в зоні зниженого тиску, що дозволяє видаляти вологу, продукти деструкції і окислення і інші леткі, як правило, що містяться у відходах.

Крім вказаних методів, застосовується каландрування та пресування.

8.3 ВТОРИННА ПЕРЕРОБКА ВІДХОДІВ ПОЛІЕТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТУ

Найпоширенішим продуктом з ПЕТФ є пляшки для напоїв. Існує кілька методів переробки використаних пляшок. Однією з таких методик є глибока хімічна переробка вторинного ПЕТФ з отриманням диметилтерефталату або терефталевої кислоти і етиленгліколю [24]. Однак такі способи переробки недоліки – висока вартість процесу деполімеризації. Тому в даний час частіше застосовуються досить відомі і поширені механохімічні способи переробки, в процесі яких кінцеві вироби формуються з розплаву полімеру. Розроблено значний асортимент виробів, що одержуються з вторинного пляшкового поліетилентерефталату – це отримання лавсанових волокон (в основному штапельних), виробництво синтепону і нетканих матеріалів. Це також екструзія листів для термоформування на екструдерах, і одним з найбільш перспективним способом переробки визнано отримання грануляту, придатного для контакту з харчовими продуктами, тобто отримання матеріалу для повторної виливки преформ.

Також очищені ПЕТФ-пластівці можна безпосередньо використовувати для виготовлення широкого асортименту товарів: текстильних волокон; набивальних і штапельних волокон – синтепону; покрівельних матеріалів; плівок і листів (забарвлених, металізованих); упаковки (коробки для яєць і фруктів, упаковка для іграшок, спортивних товарів і т.і.); ливарних виробів конструкційного призначення для автомобільної промисловості; деталей освітлювальних і побутових приладів та ін.

Розглянемо процес переробки пляшок в чисті пластівці пластика. По можливості пляшки повинні збиратися у відсортованому вигляді, не змішуючись з іншими пластиками і забруднювачами. Пляшки необхідно зберігати в сухому місці. Далі пляшки надходять в бункер-живильник. Транспортёр, розташований на підлозі бункера, просуває стос до трьох обертових шнеків, розбиває агломерати на окремі пляшки і подає їх на розвантажувальний конвеєр. Тут розділяються пляшки з кольорового і не кольорового ПЕТФ, а також видаляють сторонні об'єкти, такі як гума, скло, папір, метал, інші типи пластиків. В однороторній дробарці, обладнаній гідравлічним штовхачем, ПЕТФ-пляшки подрібнюються, утворюючи великі фракції розміром до 40 мм. Подрібнений матеріал проходить через повітряний вертикальний класифікатор. Важкі частки (ПЕТФ) падають проти повітряного потоку на екран вібросепаратору. Легкі частки (етикетки, плівка, пил і т.д.) несуться вгору потоком повітря і збираються в спеціальному пилозбирач під циклоном. На віброекрані сепаратора частки поділяються на дві фракції: великі

частки ПЕТФ "перетікають" через екран, а дрібні частинки (в основному важкі фракції забруднень) проходять усередину екрана і збираються в ємності під сепаратором. Флотаційний танк використовується для сепарації матеріалів з різними відносними густинами. Частинки ПЕТФ опускаються на похиле дно, і шнек безперервно вивантажує ПЕТФ на водовіддільний екран. Попередньо роздроблений матеріал ефективно відмивається в нахиленому двоступеневому барабані, що обертається, з перфорованими стінками. Сушка пластівців відбувається в обертовому барабані, виготовленому з перфорованого листа. Матеріал перевертається в потоках гарячого повітря. Повітря нагрівається електричними нагрівачами. Далі пластівці потрапляють в другу дробарку. На цій стадії великі частинки ПЕТФ подрібнюються в пластівці, розмір яких складає приблизно 10 мм. Залишки етикеток і пил ПЕТФ видаляються з повітряним потоком. Кінцевий продукт - чисті ПЕТФ-пластівці засипаються в бочки.

9 ЗАПРОВАДЖЕННЯ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ УПАКУВАНЬ, ЯКІ ЗДАТНІ ДО БІОРОЗКЛАДАННЯ

Більшість полімерних матеріалів, які застосовуються для виробництва упаковки відзначаються високою стійкістю до впливу навколишнього середовища та мікроорганізмів. Тому відпрацьовані полімери є джерелами забруднення навколишнього середовища. Створення здатних до біодеструкції полімери, що задовольняли б вимогам пакувальників, могло би бути певним виходом із ситуації, яка склалася з накопиченням упаковочних матеріалів.

Для скорочення часу розкладання полімерів розробляються й випускаються спеціальні типи полімерів з регульованим терміном служби. Це фото- та біорозкладаємі полімери, які під дією природних факторів та мікроорганізмів, що знаходяться у ґрунті, розкладаються до низькомолекулярних продуктів і асимілюються у ґрунті, включаючись таким чином у замкнений біологічний цикл. Відмінною рисою цих полімерів є здатність зберігати споживчі властивості протягом усього необхідного періоду експлуатації та починають зазнавати руйнувань, що приводять до деструкції, після закінчення строку експлуатації [25].

Більша частина розроблених полімерполімерів з регульованим терміном служби являють собою полімери, в складі яких присутні спеціальні добавки, що призводять до руйнування полімерного ланцюга під дією зовнішніх факторів. В США, Канаді та країнах Європи розроблені і запроваджені нові упаковочні матеріали.

Фірмою *Archer Daniels Midland* (США) розроблені концентрати марки Polyclean на основі поліетилену для одержання біорозкладаємих плівок. Концентрат містить 40 % крохмалю та добавку, що окислює (залишкова кількість крохмалю у кінцевому продукті 5...6 %). Компонент, що окислює, діє як каталізатор не тільки при впливі світла, але й у темряві. Деструкція крохмалю полегшує доступ мікроорганізмів і кисню до поверхні полімеру, тобто спостерігається певний синергичний ефект.

В Канаді розроблені полімери с торговою назвою «Еколіти». При виробництві передбачається введення світлочутливих кетонних угруповань у полімер у процесі сополімерізації. Це забезпечує абсорбцію полімером

ультрафіолетових променів з довжиною хвилі близько 335 нм і наступну деструкцію.

Біорозкладаємі матеріали можуть бути отримані також модифікацією природних полімерів, які за показниками міцності часто наближаються до пластмас. В Японії практичне застосування знайшли щеплені співполімери крохмалю й метилакрилату, плівки яких використовуються у сільському господарстві для мульчування ґрунту. Плівки зі співполімеру певний час мають високі фізико-механічні показники, однак у природніх умовах швидко зазнають деструкції.

Американська фірма Warner - Lambert розробила новий полімерний матеріал Novolon, що складається тільки із крохмалю й води та є таким що повністю біорозкладається. Цей полімер може перероблятися традиційними методами й за механічними властивостями займає проміжне положення між полістиролом і поліетиленом.

Компанія ICI Americas Inc виробляє термопластик, що піддається природньому розкладанню. Він має властивості, подібні з поліпропіленом. Це лінійний полієфір (гідроксибутирам-3-гідроксивалерат), який виробляється шляхом ферментації цукру за допомогою бактерій *Alcfligenes eutrophys*. Розкладання цього матеріалу відбувається під дією мікроорганізмів, що перебувають у ґрунті, каналізації й на дні водоймищ.

У Німеччині випускається близько 8 тисяч тон на рік полімеру, здатного до біодеструкції за назвою Ecoflex, призначеного для виробництва харчового упакування й сільськогосподарської плівки. Це композиція полістиролу із крохмалем або целюлозою, яка протягом 50 днів зазнає біодеструкції на 60 %, а через вісімдесят днів розкладається на 90 %.

Компанія BASF розробила новий біопластик Ecovio FS, який розкладається швидше, ніж його попередні версії. В склад Ecovio FS входить виробляемий на біологічній основі та здатний до біорозкладання полієфір Ecoflex FS, а також полимолочна кислота, яка отримується з кукурудзяного крохмалю. Запровадження матеріалу дозволить збільшити долю продуктів, що виробляється на основі матеріалу до 66% (Ecovio FS Shrink Film) і навіть до 75% (Ecovio FS Paper).

Біопластики можна одержувати двома способами: на основі речовин органічної природи (олігосахариди, целюлоза, зерно, молоко і т.д.) та біотехнологічним шляхом. Зараз найбільше поширення одержало виготовлення біорозкладаємого упакування, засноване на уведенні в синтетичний полімер речовин рослинного походження. Вони стають живильним речовинним середовищем мікроорганізмів, що приводить до порушення цілісності упакування й, відповідно, до його руйнування.

Сировиною для одержання цих речовин є картопля, буряк, тапіока, зернові й бобові культури, целюлоза (деревина, бавовник, лігнін) і ін.

Новим пакувальним матеріалом є еколін. Його одержують із поліетилену або поліпропілену з додаванням таких природних мінеральних наповнювачів, як вапняк або доломіт. Вміст наповнювача в композиті може становити до 50 %. Цей матеріал пройшов сертифікацію для упакування харчових продуктів. Його перевагами є нетоксичність, дешева мінеральна сировина, менша витрата вуглеводневої сировини.

До перспективної належить й упаковання з кукурудзи. Основну частину її зерна становить целюлоза, що утворюється за рахунок фотосинтезу. З кукурудзи виготовляють різноманітне упаковання, наприклад, пляшки. Випускають і плівку, яку використовують не тільки як харчове упаковання, але й застосовують в інших областях. Плівку можна виробляти безпосередньо з кукурудзяного крохмалю. Подібні пакувальні матеріали швидко й повністю розкладаються у природних умовах і навіть при спалюванні не виділяють шкідливих речовин.

ВИСНОВКИ

Відходи упаковок є складовою частиною побутових відходів. Основними етапами рішення проблеми утилізації відходів є: 1) запровадження роздільного збирання відходів упаковання та інших побутових відходів; 2) сприяння створенню підприємств з сортування та утилізації відходів; 3) розробку та запровадження пакувальних матеріалів що розкладаються під впливом навколишнього середовища.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Хэнлон Дж.Ф. Упаковка и тара: проектирование, технологии, применение/ Дж.Ф. Хэнлон, Р.Дж.Келси, Х.Е.Форсинио; пер. с англ. – СПб.: Профессия. – 2006. –С.632.
2. Шендеривська Л.П. Маркетинговое Исследование Рынка Упаковки/ Л.П.Шендеривська, Д.А. Савенок. – Режим доступа: <https://maxrise-consulting.com/marketingovoe-issledovanie-rynka-upakovki/> Дата доступа: 10.02.2018 р.
3. Полякова Г.В. Утилизация упаковки: Учебное пособие / Г.В. Полякова, В.С. Хорунжин / Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – Кемерово. - 2005. – 82с.
4. Склад, властивості й обсяг твердих побутових відходів.– Режим доступу: <http://ecology-lectures.ru/inzhenerna-ekologiya/sklad-vlastivosi-i-obsyag-robutovih-vidhodiv/> Дата доступу: 15.02.2018 р.
5. Розпорядження № 2416 від 29 грудня 2012 року. Про затвердження норм надання послуг з вивезення побутових відходів у місті Києві на 2013 - 2017 роки. <http://www.kreschatic.kiev.ua/ua/4336/doc/1380291459.html> Дата доступу: 16.02.2018 р.
6. Физические свойства ТБО. – Режим доступу: <http://ztbo.ru/o-tbo/lit/sanitarnaya-ochistka-i-uborka-mest/fizicheskie-svoystva-tbo> Дата доступу: 15.10.2016 р.
7. Цатурян М. в Україні розлилося «сміттєве море» [Електронний ресурс] / М.Цатурян // Україна комунальна. – Режим доступу : URL : <http://jkg-portal.com.ua/ua/publication/one/v-ukrajin-roztilosja-smtteve-more-28587> Дата доступу: 05.02.2018 р.
8. Федеральный классификационный каталог отходов / Приложение к приказу. Госком экологии России от 27.11, 97 №527. –М.: Госкомитет РФ по охране окружающей среды, 1997.
9. Про відходи [Електронний ресурс]: закон України [прийнято Верхов. Радою 5 березня 1998 р. №187/98-ВР]. – Режим доступу : <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/187/98-вр/page> Дата доступу: 15.01.2008 р.
10. Про відходи [Електронний ресурс]: закон України [прийнято Верхов. Радою 5 березня 1998 р. №187/98-ВР]. – Режим доступу : <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/187/98-вр/page>
11. О сжигании отходов [Электронный ресурс]: [Директива 2000/76/ЕС Европейского парламента и Совета от 4 декабря 2000 г.]. – Режим доступа : http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/994_942 Дата доступу: 10.02.2016 р.
12. По полигонам захоронения отходов [Электронный ресурс]: [Директива 1999/31/ЕС Европейского парламента и Совета от 26 апреля 1999 г.]. – Режим доступа : http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/994_925 Дата доступу: 12.02.2016 р.
13. Статистичні дані країн Європи про утворення та утилізацію твердих побутових відходів [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/graph.do?tab=graph&plugin=1&pcode=tsdpc240&language=en&toolbox=data> Дата доступу: 06.03.2016 р.

14. Филиал «Завод»Енергія»» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://kyivenergo.com/ru/kompaniya/struktura-kompaniyi/filialy-ta-svp/zavod-energiya> Дата доступу: 12.02.2016 р.
15. Статистичні дані України про утворення відходів [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.ukrstat.gov.ua> - Назва з титул. екрану Дата доступу: 06.05.2016 р.
16. Кіотський протокол. – Режим доступу : <https://uk.wikipedia.org/wiki> Дата доступу: 06.03.2017 р.
17. Закон: з 2018 року Україна зобов'язалася сортувати сміття – Режим доступу : http://texty.org.ua/pg/news/textynewseditor/read/79093/Zakon_z_2018_roku_Ukraina_zobovjazalasa_sortuvaty. Дата доступу 12.03.2018 р.
18. «Проект Закону про упаковку та відходи упаковки» – Режим доступу : http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=58083
19. Шубов Л.Я. Схемы механической сортировки отходов ТБО. Выпуск №3 (68).– 2012.
20. Дробарка <https://uk.wikipedia.org/wiki/> Дата доступу 12.03.2018 р.
21. Строительство завода — гидросепарация ТБО – Режим доступу : http://journal.esco.co.ua/cities/2013_9/art143.html Дата доступу 18.03.2018 р.
22. Сепарация по электропроводности – Режим доступу: <https://all4study.ru/elektrotexnologiya/separaciya-po-elektroprovodnosti.html>. Дата доступу 1.03.2018 р.
23. Управління та поводження з відходами. Частина 4. Технології переробки твердих побутових відходів: навчальний посібник /Петрук В. Г., Васильківський І. В., Іщенко В. А., Петрук Р. В. – Вінниця: ВНТУ, 2016. – 233 с. – Режим доступу: <http://ishchenkov.vk.vntu.edu.ua/file/de5442aa1b9f5021f0110fed4688e6db.pdf> Дата доступу 1.01.2018 р.
24. Клинков А.С. Рециклинг и утилизация тары и упаковки: учеб. пособие / А.С. Клинков, П.С. Беляев, В.К. Скуратов, М.В. Соколов, О.В. Ефремов, В.Г. Однолько. – Тамбов : Изд-во Тамб.гос. техн. ун-та, 2010. – 112 с.
25. Петриченко С.В. Біорозкладаємі полімерні матеріали для упаковки / С.В.Петриченко, О.В. Гвоздев - Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь: ТДАТУ, 2015. - Вип. 15, Т. 1. - с. 210-216